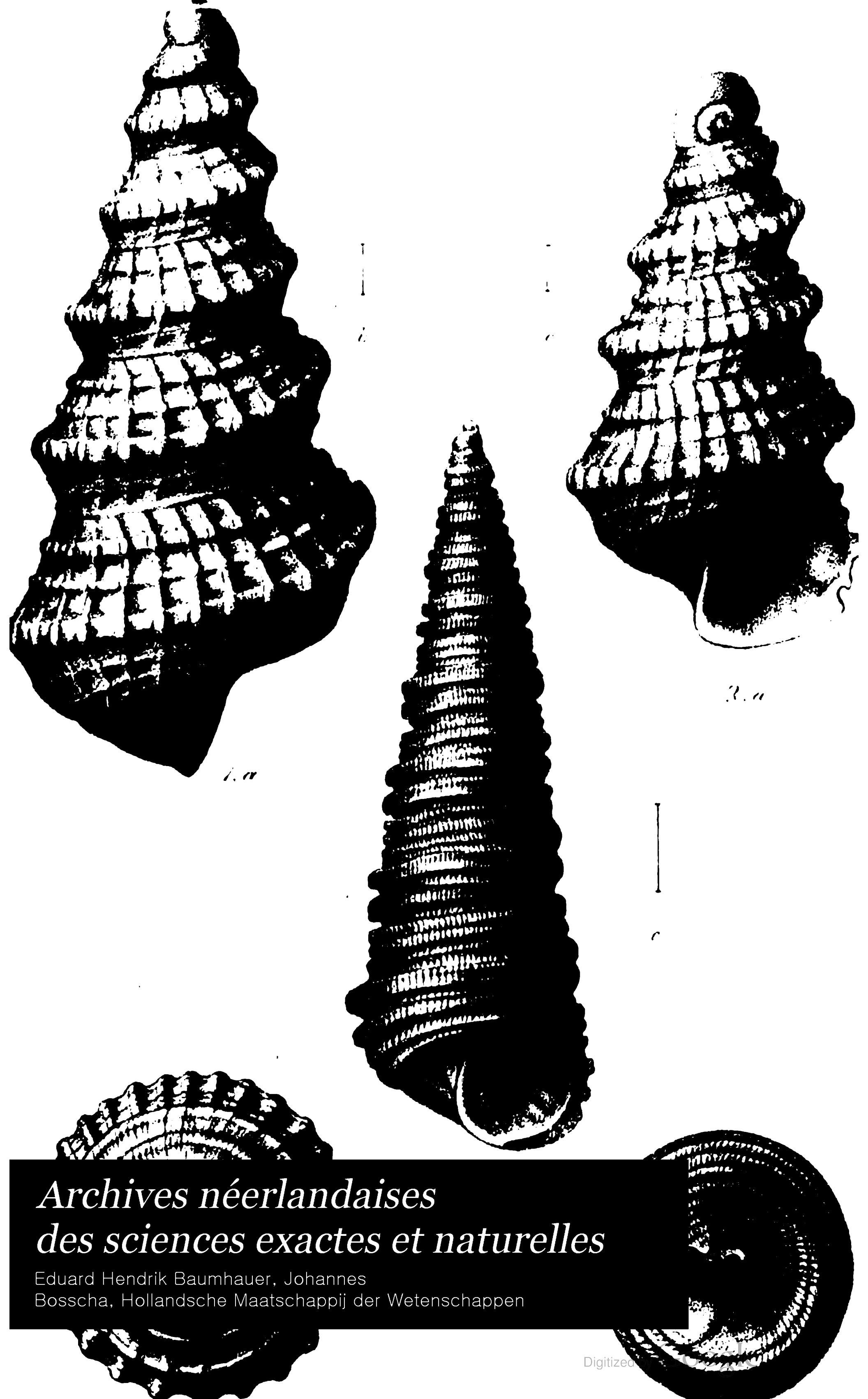


Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles

Eduard Hendrik Baumhauer, Johannes Bosscha, Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen



Per Neth
A-4


HARVARD UNIVERSITY
ARNOLD ARBORETUM
PRESENTED ~ BY ~ CHARLES ~ SPRAGUE ~ SARGENT
1892

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIETÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES À HARLEM,

ET RÉDIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. **R. van Rees, D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster et J. A. Herklots.**

TOME QUATRIÈME.

LA HAYE
MARTINUS NIJHOFF.

BRUXELLES — C. MUQUARDT.
PARIS — DURAND.
LEIPZIG — T. O. WEIGEL.
LONDRES — TRÜBNER & C°. — WILLIAMS & NORGATE.
NEW-YORK — B. WESTERMANN & C°. — F. W. CHRISTERN.

1869.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES À HARLEM,

ET RÉDIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. R. van Rees, D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster et J. A. Herklots.

TOME QUATRIÈME.

LA HAYE,
MARTINUS NIJHOFF,
1[illegible]

TABLE DES MATIÈRES.

PROGRAMME

DE LA

Société Hollandaise des Sciences de Harlem,

ANNÉE 1869.

La Société Hollandaise des Sciences a tenu à Harlem, le 15 Mai 1869, sa cent-dix-septième séance annuelle.

Le Directeur-Président, Baron F. W. van Styrum, ouvre la séance par une allocution dans laquelle il rappelle les pertes éprouvées par la Société depuis la dernière réunion générale, savoir celles du Directeur Baron G. F. Thoe Schwartzenberg en Hohenlansberg, des membres regnicoles G. Simons, H. C. Millies et J. van Lennep, et des membres étrangers K. F. P. von Martius à Munich, J. Plücker à Bonn, H. von Meyer à Francfort-sur-Mein et C. S. M. Pouillet à Paris. M. le Président donne ensuite connaissance à l'assemblée de la nomination, comme Directeur de la Société, de M. G. Willink de Bennebroek.

Depuis la dernière séance annuelle la Société a publié: *Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, livraisons 3, 4 et 5 du Tome III, 1 et 2 du Tome IV.

En suite d'une proposition formulée par MM. J. P. van Wickevoort Crommelin, D. de Haan, J. van der Hoeven, J. P. Delprat, R. van Rees, A. H. van der Boon Mesch, D. Lubach et V. S. M. van der Willigen, et du rapport auquel cette proposition a donné lieu de la part d'une Commission nommée dans la dernière réunion générale et composée de MM. les Directeurs G. F. van Tets et J. P. van Wickevoort Crommelin, et de MM. les membres V. S. M. van der Willigen, G. de Vries, C. A. J. A. Oudemans,

P. Harting en E. H. von Baumhauer, l'Assemblée prend la décision suivante:

1°. En dehors des médailles décernées à des questions mises au concours, il est institué par la Société deux Nouvelles Médailles, chacune d'une valeur intrinsèque de 500 florins, et dont l'une portera le nom et l'effigie de „Huyghens", l'autre ceux de „Boerhaave".

2°. Ces médailles seront décernées alternativement, tous les deux ans, au savant néerlandais ou étranger qui, par ses recherches, ses découvertes ou ses inventions, aura, au jugement de la Société, le plus contribué, pendant les vingt dernières années, au progrès d'une branche déterminée des Sciences physico-mathématiques ou des Sciences naturelles.

3°. La médaille Huyghens sera attribuée en 1870 à la Physique, en 1874 à la Chimie, en 1878 à l'Astronomie, en 1882 à la Météorologie, en 1886 aux Mathématiques (pures et appliquées).

La médaille Boerhaave sera attribuée en 1872 à la Minéralogie et à la Géologie, en 1876 à la Botanique, en 1880 à la Zoologie, en 1884 à la Physiologie, en 1888 à l'Anthropologie; et ainsi de suite.

4°. Le jugement préalable des titres respectifs sera déféré à une Commission nommée par MM. les Directeurs et dont le Secrétaire de la Société fera toujours partie.

5°. La médaille sera décernée par l'Assemblée générale, sur le rapport motivé et circonstancié de la Commission de jugement.

En réponse à la question suivante, mise au concours en 1865 et maintenue en 1867:

„La Société demande une description exacte, avec figures, du squelette et des muscles du *Sciurus Vulgaris*, comparés à ce que l'on sait, sur ce sujet, des *Lémurides* et des *Chiromys*, pour que la place à assigner à ce dernier genre dans la classification naturelle puisse être déterminée avec plus de certitude qu'il n'a été possible jusqu'ici."

la Société a reçu un mémoire en langue hollandaise, portant la devise: *Beter is het te pogen zonder te slagen dan stil te zitten uit vrees voor nuttelooze moeite.* D'après l'avis des rapporteurs, l'Assemblée décide d'accorder la médaille d'or à l'auteur de ce mémoire; l'ouverture du billet cacheté fait connaître que ce travail est dû à la collaboration de M. le Dr. C. K. Hoffmann, médecin-adjoint à Meerenberg, et de M. H. Weijenbergh Jr., chirurgien et accoucheur, candidat en sciences à Utrecht.

Sont élus membres regnicoles de la Société:

MM. E. H. Beima, conservateur au Musée d'histoire naturelle de Leyde.

R. P. A. Dozy, professeur à la faculté de philosophie et lettres de Leyde.

J. F. W. Conrad, ingénieur en chef du Waterstaat, à Middelbourg.

Sont élus membres étrangers de la Société:

MM. L. A. J. Quetelet, à Bruxelles.

W. Sartorius von Waltershausen, à Goettingen.

A. W. Hofmann, à Berlin.

J. D. Dana, à New-Haven.

Le Président communique à l'Assemblée que la bibliothèque, mise en ordre et pourvue d'un catalogue par les soins du Secrétaire, se trouve à la disposition des Directeurs et des Membres de la Société.

La Société met cette année au concours les questions suivantes, dont la réponse devra lui être adressée

avant le 1er Janvier 1871.

I. La connaissance des tourbières de la Neérlande, tant hautes que basses, est encore loin d'être parfaite. Il reste à faire bien des recherches avant qu'on puisse indiquer avec précision quelles sont les plantes dont ces tourbières se composent, en particulier, quelles sont les essences ligneuses qu'on y trouve, et quelle est la succession des différentes espèces végétales dans la série des

couches de tourbe, depuis les plus anciennes jusqu'à celles qui continuent encore à se former.

La Société désirerait voir ce sujet éclairci, et demande en conséquence un examen microscopique approfondi des plantes des tourbières néerlandaises.

II. La Société demande une description exacte de toutes les opérations chimiques ou physiques dans lesquelles on a obtenu, soit accidentellement, soit à la suite d'expériences directes, des combinaisons chimiques qui, par leurs caractères chimiques et physiques, s'accordent avec des composés inorganiques existant dans la nature, sous forme de minéraux.

On n'exige pas la production de nouveaux minéraux artificiels, mais simplement l'appréciation critique des résultats déjà constatés, avec l'indication exacte des ouvrages et mémoires dans lesquels les minéraux artificiels connus ont été décrits; dans la classification de ces produits, on se conformera à l'un des systèmes minéralogiques les plus répandus.

III. La Société demande la description de la flore fossile de quelques dépôts houillers de Bornéo et la comparaison de cette flore avec celles d'autres formations houillères.

IV. La Société demande une monographie des matières dites albumineuses; cette monographie devra comprendre un aperçu historique des nombreuses recherches auxquelles ces matières ont donné lieu et une appréciation critique des opinions qui ont cours actuellement, à ce sujet, dans la science.

V. La Société désire que les coefficients de dilatation de différentes espèces de verre, spécialement de celles qui servent à la construction des thermomètres, soient déterminés exactement, suivant la méthode de M. Fizeau, entre — 30 et + 500 degrés du thermomètre centigrade.

VI. Les recherches récentes semblent confirmer l'opinion que les corps, dits hydrates de carbone, sont des alcools polyatomiques; la Société demande de nouvelles recherches propres à éclairer ce point important.

VII. La détermination des températures supérieures à 350 degrés

du thermomètre centigrade laisse encore toujours beaucoup à désirer; la Société récompensera de sa médaille d'or la construction d'un appareil très simple donnant les températures jusqu'à 500 degrés, au moins, de l'échelle centigrade.

VIII. La Société demande des déterminations exactes concernant la variation des indices de réfraction de l'eau, pour au moins 12 points du spectre, sur une étendue de 50 degrés du thermomètre centigrade.

IX. On sait que les aurores boréales donnent naissance à des courants électriques telluriques, qui apportent quelquefois une perturbation considérable dans le service des lignes télégraphiques. La Société désire qu'on fasse, sur des lignes télégraphiques de grande longueur, des déterminations de la force ce ces courants, entre autres à l'effet de constater jusqu'à quel point ils s'étendent vers l'équateur.

Questions dont la réponse devra être adressée à la Société avant le 1er Janvier 1873.

I. La Société demande une revue critique complète des différentes flores phanérogamiques de l'Europe, tant de celles qui ont été publiées séparément, que de celles qui se trouvent dans les recueils de Sociétés savantes et dans les journaux scientifiques. Cette revue sera disposée de telle sorte, que les écrits concernant chaque pays ou province soient mentionnés à la suite les uns des autres, suivant la date de leur publication. Le travail devra être accompagné d'observations critiques, relatives à la valeur plus ou moins grande qu'il convient d'attribuer à chaque flore, et à l'opportunité de contrôler les indications vieillies ou de procéder à de nouvelles recherches dans des contrées peu connues.

II. La Société demande une revue critique complète des différentes faunes de l'Europe, tant de celles qui ont été publiées séparément, que de celles qui se trouvent dans les recueils de Sociétés savantes et dans les journaux scientifiques. Cette revue sera disposée de telle sorte, que les écrits concernant chaque pays ou province soient mentionnés à la suite les uns des autres, sui-

vant la date de leur publication. Le travail devra être accompagné d'observations critiques, relatives à la valeur plus ou moins grande qu'il convient d'attribuer à chaque faune, et à l'opportunité de contrôler les indications vieillies ou de procéder à de nouvelles recherches dans des contrées peu connues.

La Société rappelle que les questions suivantes ont été mises au concours l'année précédente, pour qu'il y soit répondu

avant le 1er Janvier 1870.

I. Depuis la décadence croissante et la suppression finale de la culture gouvernementale des épices aux îles Moluques, il est devenu très désirable de voir s'établir de nouvelles cultures dans cet archipel fertile. La Société demande en conséquence:

1°. Une description de l'état social actuel de ces îles, surtout au point de vue de la population et de son aptitude pour l'industrie agricole.

2°. Une indication des variétés du sol, étudiées sous le rapport des cultures à adopter éventuellement.

3°. Des données statistiques sur les résultats de la culture libre des épices, telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui.

4°. Un exposé du résultat des essais de culture du cacao entrepris par ordre du Gouverneur-général Pahud et avec l'appui efficace du gouvernement.

5°. Une indication motivée des végétaux dont la culture mériterait d'être éprouvée parmi ceux dont les produits sont propres à l'exportation.

II. On ne saurait nier que l'analyse spectrale, actuellement à l'ordre du jour, ne tombe dans des excès et que sa valeur ne soit fréquemment exagérée.

En conséquence, et pour parvenir à des vues plus saines et d'un caractère plus scientifique, on demande de faire équitablement la part du vrai et du faux, de tracer les limites en deçà desquelles la méthode est d'un emploi légitime et au delà desquelles elle cesse d'être applicable, de soumettre à une appré-

ciation critique sérieuse les faits qu'elle a mis au jour, les découvertes qu'elle promet et celles qu'on est en droit d'en attendre.

III. Le courant galvanique échauffe le conducteur métallique qu'il traverse; par là, la résistance de ce dernier se trouve accrue, et de cette manière le courant réagit sur lui-même. D'un autre côté, on peut supposer que l'intensité du courant modifie encore la valeur de la résistance en vertu d'une action qui ne dépende pas directement de l'échauffement.

On désire voir étudier, à l'un et à l'autre point de vue, l'influence exercée par l'intensité du courant sur le degré de la résistance. Parmi les métaux pouvant se prêter à cette recherche, le mercure semble être un de ceux qui offriront le plus d'avantages.

IV. On demande la critique, la répétition et l'extension des expériences sur l'électrolyse des sels haloïdes fondus (Faraday, *Experimental Researches*, T. I, art. 538 et suiv. et 978 et suiv.), ainsi qu'un exposé des considérations qui pourront s'en déduire sur la nature de l'électrolyse.

La loi de Faraday sur l'électrolyse est extrêmement simple; mais la question est loin d'être épuisée, et l'ensemble du phénomène est encore couvert d'un voile épais. Aussi désire-t-on surtout voir décider, jusqu'à quel point les expériences précitées sont en opposition avec cette vue supérieure et appuyée par un grand nombre de faits, suivant laquelle aucune électrolyse véritable n'aurait lieu à moins que l'action du courant ne s'exerce sur des sels doubles ou sur des combinaisons qui leur soient équivalentes et analogues.

V. D'après M. G. Ville (Voyez: *Revue des Cours scientifiques*, 1868, N°. 7, pag. 103) l'azote à l'état libre ou élémentaire serait assimilé par certaines plantes, spécialement par les légumineuses. La Société demande que cette opinion soit soumise à un examen critique, et que son exactitude ou sa fausseté soit établie théoriquement ou expérimentalement, et de préférence par l'une et par l'autre voie.

VI. Eu égard aux expériences de M. Graham, la Société demande de nouvelles recherches sur le pouvoir dissolvant des mé-

taux fondus pour l'hydrogène, spécialement en vue de décider s'il existe des combinaisons définies de métaux avec l'hydrogène.

VII. La Société demande une description exacte, accompagnée de figures, des changements qu'éprouve l'organisation des Batraciens pendant leur métamorphose.

VIII. La Société désire voir confirmer ou infirmer, par des expériences faites sur plusieurs métaux différents, l'assertion que les métaux deviennent transparents à une température suffisamment élevée.

IX. La Société demande qu'on décide expérimentalement si le pouvoir lumineux des Lampyris noctiluca et splendidula Linn. doit être attribué à la sécrétion d'une matière particulière, et, en cas d'affirmative, qu'on recherche la nature et la composition de cette matière.

X. Il existe encore beaucoup d'obscurités au sujet de la cause de la phosphorescence des matières dites phosphores artificiels. La Société demande des recherches approfondies, propres à trancher la question de savoir si cette phosphorescence doit être attribuée uniquement à une oxydation lente.

XI. Tandis que, dans les observatoires météorologiques, la pression et la température de l'air, la direction et la force du vent sont observées d'une manière continue, au moyen d'instruments enregistreurs, on en est toujours réduit, pour ce qui regarde l'humidité de l'air, à quelques observations isolées faites à certaines heures de la journée. La Société demande la construction, soit sur des bases nouvelles soit d'après des principes déjà indiqués (Voyez: Poggendorff's *Annalen*, T. 93, p. 343), d'un instrument enregistreur pour la détermination de l'humidité de l'air, ainsi que la communication des résultats d'observations faites avec cet instrument et continuées pendant au moins une demi-année.

XII. La Société demande un mémoire sur la vie de Koopman (*Mercator*) et de Ortels (*Ortelius*), et sur les services que ces deux savants ont rendus à la Géographie, à l'Ethnologie et à la Cartographie.

XIII. La Société démande qu'on écrive, d'après des documents non encore utilisés, la biographie du baron van Imhoff et l'histoire de son administration comme Gouverneur-général des Indes néerlandaises.

XIV. La Société demande l'analyse de la vie et des relations de voyages des Néerlandais qui, au 17e et au 18e siècle, se sont distingués comme navigateurs ou comme auteurs de découvertes géographiques.

XV. Qu'a-t-on fait jusqu'à présent pour l'étude des langues des peuples soumis à la domination néerlandaise dans les pays d'outre-mer, et quelles sont les lacunes qu'il importerait surtout de combler à cet égard?

La Société recommande aux concurrents d'omettre dans leur réponse tout ce qui n'a pas un rapport immédiat avec la question proposée. La Société désire trouver dans tout ce qu'on lui soumet la clarté unie à la concision, et les propositions démontrées, nettement distinguées des considérations vagues et des faits mal établis.

Elle rappelle, en outre, qu'aucun mémoire écrit de la main de l'auteur ne sera admis au concours, et que même, une médaille eût-elle été adjugée, la remise n'en pourrait avoir lieu si la main de l'auteur venait à être reconnue, entre-temps, dans le travail couronné.

Les billets joints aux mémoires non couronnés seront détruits sans avoir été ouverts, à moins qu'on n'ait découvert que le travail présenté n'est qu'une copie extraite d'ouvrages imprimés; dans ce dernier cas, le nom de l'auteur sera divulgué.

Tout membre de la Société a le droit de prendre part au concours, à condition que son mémoire, ainsi que le billet, soit signé de la lettre L.

Les mémoires, écrits lisiblement, en *hollandais*, *français*, *latin*, *anglais*, *italien* ou *allemand* (mais non en caractères allemands), doivent être accompagnés d'un billet cacheté renfermant le nom de l'auteur, et envoyés franco au Secrétaire de la Société, le professeur E. H. von Baumhauer, à Harlem.

Le prix offert pour une réponse satisfaisante à chacune des questions proposées, consiste, au choix de l'auteur, soit en une *médaille d'or* frappée au coin ordinaire de la Société et portant le nom de l'auteur et le millésime, soit en une somme de *cent-cinquante florins;* une prime supplémentaire de *cent-cinquante florins* pourra être accordée si le mémoire en est jugé digne.

Le concurrent qui remportera le prix ne pourra faire imprimer le mémoire couronné, soit séparément soit dans quelque autre ouvrage, sans en avoir obtenu l'autorisation expresse de la Société.

LISTE ALPHABÉTIQUE ET CHRONOLOGIQUE

DES

Protecteurs, Présidents, Secrétaires, Directeurs

ET

Membres résidants et étrangers

DE LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES

A HARLEM,

depuis sa fondation en 1752 jusqu'au 1er Janvier 1869.

PROTECTEURS.

Guillaume Prince d'Orange, Stathouder héréditaire.......................... 1754.
Louis Napoleon, Roi de Hollande..... 1806.
Prince d'Orange Nassau, Souverain des Pays-Bas, plus tard Guillaume I, Roi des Pays-Bas.......................... 1814.
Guillaume II, Roi des Pays-Bas...... 1842.
Guillaume III, Roi des Pays-Bas...... 1849.

PRÉSIDENTS.

A. de Raet.......................... 1752.
C. A. van Sypesteyn................. 1772.
A. Slicher.......................... 1784.
J. G. Decker........................ 1789.
J. Teding van Berkhout.............. 1803.
D. J. Canter Camerling.............. 1810.
J. P. van Wickevoort Crommelin....... 1817.
Jhr. W. P. Barnaart................. 1838.
Jhr. J. P. Teding van Berkhout....... 1851.
Jhr. L. J. Quarles van Ufford......... 1856.
F. W. Baron van Styrum.............. 1867.

SECRÉTAIRES.

C. C. H. van der Aa................ 1752.
M. van Marum....................... 1794.
J. G. S. van Breda.................. 1839.
E. H. von Baumhauer................. 1864.

DIRECTEURS.

Ablaing van Giessenburg, (J. D. Baron d') Utrecht.......................... 1768.
Alewijn, (Z. H.), Amsterdam.......... 1773.
Alphen, (H. van), Utrecht............ 1784.
Alting, (W. A.), Batavia............. 1779.
Amerongen, (G. A. Taets van), Utrecht. 1778.
Angelbeek, (J. G. van), Ceylan........ 1785.
Appels, (H.), Harlem................ 1760.
Bacheracht, (J.), Bengale............ 1770.
Backer, (W. H.), Amsterdam......... 1834.
Baljé, (J. M.), Batavia.............. 1802.
Barnaart, (A.), Harlem.............. 1773.
Barnaart van Bergen, (W. P.), Harlem. 1804.
Barnaart, (Jhr. V. I. J.), Vogelsang.... 1859.
Beaufort, (J. F, de), IJsselstein........ 1776.
Beels, (M. A.), Harlem.............. 1833.
Bentinck, (W. Graaf van), La Haye... 1753.
Berck, (F. H. van), Arnhem.......... 1780.
Berkhout, (Jhr. A. V. Teding van), Harlem. 1857.
Berkhout, (J. Teding van), Harlem.... 1783.
Berkhout, (J. J. Teding van), Amsterdam. 1850.
Berkhout, (Jhr. J. P. Teding van), Harlem. 1817.
Berkhout Jr., (Jhr. J. P. Teding van), Harlem.......................... 1851.
Berkhout, (P. J. Teding van), Amsterdam. 1861.
Beth Jz, (W.), Batavia............... 1802.
Bieker, (J. B.), Harlem.............. 1800.
Bieker, (Jhr. P. H.), Amsterdam...... 1853.
Bisdom, (D. R. van Wijkerheld), Leide 1804.
Bleiswijk, (P. van), Leide............ 1773.
Bock, (A. de), Batavia............... 1795.
Boekholt, (F. van), Banda............ 1802.
Boers, (F. W.), Amsterdam........... 1782.
Boetselaar, (J. P. Baron van), La Haye. 1775.
Boetzelaar, (Jhr. P. A. Baron van), Amst. 1823.
Bommel, (C. A. M.), Leide............ 1814.
Borch van Verwolde, (A. P. R. C. Baron van der), Zutphen................ 1812.
Boreel van Hogelanden, (J.), Amsterdam. 1815.
Boreel van Hogelanden, (Jhr. W.), La Haye 1856.
Borssele, (J. van), Flessingue.......... 1758.
Borski, (D.), Amsterdam............. 1854.
Both Hendricksen, (W. J.), Utrecht... 1844.
Boudaan, (G. P.), Amsterdam......... 1761.
Braam Houckgeest, (A. E. van), Zutphen. 1774.
Brakel, (C. A. van), Harlem.......... 1754.
Brantsen, (G.), Paris................ 1806.
Breton, (H.), Batavia................ 1783.
Brienen van de Groote Lindt, (A. W. Baron van), La Haye............. 1842.
Brienen van de Groote Lindt, (W. J. Baron van), Amsterdam............ 1812.
Broek, (P. van den), Harlem.......... 1754.
Brouwer Jz., (J.), Amsterdam......... 1812.
Brunswijk Wolfenbuttel, (L. E. Duc de) Bois-le-Duc...................... 1758.
Buren, (P. van), La Haye............ 1805.
Bijlandt Halt, (F. S. Comte de), La Haye 1814.
Calkoen, (A.), Amsterdam............ 1772.
Canter Camerling, (D. J.), Harlem..... 1755.
Canter Camerling, (D. J.), Harlem..... 1803.
Capellen, (G. T. van der), Utrecht..... 1778.
Capellen van Berkenwoude, (G. A. G. Baron van der), La Haye........... 1814.
Cattenburch, (J. C.), Gouda.......... 1757.
Chassé, (P. T.), Batavia............. 1802.
Cock, (C. de), Groningue............ 1788.
Coninck, (F. C. G. de), La Haye...... 1817.
Collot d'Escury, (H. Baron), La Haye.... 1814.
Corver Hooft, (J.), Amsterdam........ 1812.
Craan, (J. J.), Batavia.............. 1779.
Crommelin, (A. H. van Wickevoort), Harlem.......................... 1834.
Crommelin, (J. P. A. van Wickevoort), Amsterdam...................... 1834.
Crommelin, (J. P. van Wickevoort), Amst. 1799.
Crommelin, (J. P. van Wickevoort), Harlem.......................... 1855.
Dam, (J. H. van), Harlem............ 1733.
Decker, (J. G.), Harlem.............. 1767.
Dedem van de Gelder, (Comte van), Paris 1812.
Delcourt van Krimpen, (A. A.), Harlem 1865.
Deutz van Assendelft, (A. A.), Amsterdam 1814.
Deutz, (J.), Amsterdam.............. 1778.

Doorn van West Capelle, (H. J. Baron van), La Haye .... 1830.
Duyn van Maasdam, (A. F. J. A. Baron van der), La Haye .... 1814.
Druyvesteijn, (F. C.), Harlem .... 1765.
Druyvesteijn, (Jhr. P.), Harlem .... 1868.
Ebeling, (E.), Amsterdam .... 1778.
Eik, (J. van), Amsterdam .... 1868.
Elout, (C. T.), Harlem .... 1806.
Engelhard, (N.), Batavia .... 1802.
Esser, (P. H.), Batavia .... 1823.
Ewijck, (D. J. van), La Haye .... 1826.
Eijs, (J. N. van), Amsterdam .... 1805.
Faas, (N.), Amsterdam .... 1776.
Fagel, (F.) .... 1768.
Fagel, (J.), La Haye .... 1814.
Falck, (A. R.), La Haye .... 1814.
Falck, (I. W.), Ceylan .... 1774.
Fiers Smeding, (P.), Harlem .... 1855.
Fock, (C.), Harlem .... 1861.
Fontein, (F. G.), Harlem .... 1848.
Frederici, (J. F.), Suriname .... 1802.
Gallitzin, (Demetrius Prince de), La Haye 1776.
Geelvinck, (L.), Amsterdam .... 1755.
Gerlings, (H.), Harlem .... 1778.
Gevers van Endegeest, (Jhr. D. T.), La Haye .... 1839.
Gilles, (J.), La Haye .... 1762.
Gockinga, (G. C.), Groningue .... 1803.
Godin, (J. C.), Utrecht .... 1781.
Goes, (M. van der), La Haye .... 1806.
Gogel, (J. J. A.), Amsterdam .... 1806.
Graaff, (W. J. van der), Batavia .... 1795.
Grasveld, (C. H. van), Zutphen .... 1806.
Groeninx van Zoelen, (O. P. Baron), Rotterdam .... 1818.
Haan, (D. de), Harlem .... 1863.
Haer, (J. P. van der), La Haye .... 1783.
Hall, (F. A. van), Amsterdam .... 1842.
Hartsinck, (J. J.), Amsterdam .... 1774.
Hasselaar, (G. A.), Amsterdam .... 1753.
Henhuis, (H.), Surinam .... 1805.
Heshuysen, (A.), Harlem .... 1752.
Heshuysen, (A. J.), Harlem .... 1765.
Heshuysen, (F. J.), Amsterdam .... 1778.
Heuvel, (H. H. van den), Utrecht .... 1776.
Hoesen, (W. van), Batavia .... 1802.
Hoeufft van Velzen, (Jhr. H.), Amsterd. 1866.
Hoeufft van Velzen, (J. P.), Amsterdam.. 1830.
Hoffman, (M. A. F. H.), La Haye.. 1855.
Hoffman, (J. F.), Rotterdam .... 1812.
Hoffman, (J. F.), Rotterdam .... 1846.
Hofstede, (P.), Assen .... 1814.
Hogendorp, (G. K. Comte van), Amsterd. 1805.
Hogendorp, (W. van), Harlem .... 1794.
Hogendorp, (J. F. Comte van), Rotterd.. 1814.
Hogendorp, (W. van), Rotterdam .... 1785.
Hogguer, (D. L.), Harlem .... 1790.
Hogguer, (P. Ywan), Amsterdam .... 1806.
Holle, (J. H.), Batavia .... 1802.
Hoofman, (J.), Harlem .... 1783.
Hooft, (D.), Amsterdam .... 1805.
Hooft Jz., (Jhr. D.), Amsterdam .... 1828.
Hoogstraten, (S.), La Haye .... 1814.
Hoop, (A. van der), Amsterdam .... 1836.
Hoop Gz., (C. van der), Amsterdam .... 1779.
Hop, (J.), Amsterdam .... 1771.
Hope, (A.), La Haye .... 1814.
Hope, (J.), Amsterdam .... 1765.
Hora Siccema, (J.), Groningue .... 1805.
Hucht, (G. L. J. van der), Harlem... 1858.
Hultman, (C. G.), La Haye. .... 1805.
Huydecoper, (P.), Amsterdam .... 1843.
Huydecoper van Maarseveen, (Jhr. J.), Amsterdam .... 1821.
Huyghens, (J.), Harlem .... 1752.
Janssen, (J.), Amsterdam .... 1802.
Jonge van Campens Nieuwland, (Jhr. M. W. de), La Haye .... 1844.
Kalitscheff, (E. van), La Haye .... 1787.
Kasteele, (P. L. van de), Harlem .... 1783.
Keverberg van Kessel, (C. L. G. J. Baron van), Anvers .... 1816.
Kinsbergen, (J. H. van), Elburg .... 1800.
Klerk, (R. de), Batavia .... 1777.
Koek, (J. T.), Harlem .... 1752.
Koenen, (H. J.), Amsterdam .... 1850.
Kops, (N. W.), Harlem .... 1758.
Kops, (W.), Harlem .... 1765.
Kops, (W. P.), Harlem .... 1794.
Kuijts, (A.), Harlem .... 1757.
Labouchère, (P. C.), Amsterdam .... 1854.
Lange van Wijngaarden, (B. C. de), Harlem 1828.
Leeuw, (D. C. de), Utrecht .... 1778.
Lennep, (C. van), Amsterdam .... 1772.
Lennep, (J. C. S. van), Harlem .... 1772.
Lennep, (D. van), Harlem .... 1755.
Lestevenon, (W. A), Harlem .... 1778.
Leu de Wilhem, (P. le), Harlem .... 1777.
Leyden, (C. P. Baron van), Harlem.. 1778.
Leyden, (F. van), La Haye .... 1803.
Loon, (J. van), Amsterdam .... 1772.
Lijn, (C. J. van der), Amsterdam 1773
Lijnden van Hemmen, (J. G. van), Wageningue .... 1806.
Lijnden, (O. F. Comte van), Nimègue. 1765.
Maanen, (C. F. van), La Haye .... 1812.
Markel Bouwer, (A. H. van), Deventer. 1805.
Matthiessen, (C. Sandenbergh), Harlem.. 1844.
Meerman, (J. Baron), Amsterdam .... 1783.
Membrede, (Jhr. A. C. de), Anvers... 1827.
Merkus de Kock, (H. Baron), La Haye. 1838.
Mirandolle, (C. J. F.), Harlem .... 1868.
Mist, (J. A. Uitenhage de), Amsterdam 1802.
Moens, (A.), Batavia .... 1784.
Mollerus, (J. H.), La Haye .... 1814.
Muntinghe, (H. W.), Batavia .... 1818.
Nassau Weilburg, (Charles Prince de), La Haye .... 1758.
Nederburch, (S. C.), La Haye .... 1805.
Neufville, (D. M. van Gelder de), Harlem 1799.
Nooten Jz., (S. van), Amsterdam .... 1786.
Ockerse, (W. C.), Zierikzée .... 1759.
Omalius d'Halloy, (I. J. d'), Namur.. 1818.
Orville, (J. F. d'), Amsterdam .... 1778.
Oudermeulen, (E. van der), La Haye.. 1851.
Oudermeulen, (F. van der), La Haye.. 1844.
Overstraten, (P. G.), Batavia .... 1795.
Pabst tot Bingerden, (R. W. J. Baron van), Clèves .... 1812.
Paludanus, (R.), Alkmaar .... 1772.

Parra, (P. A. van der), Batavia...... 1768.
Parvé, (J. F.), Harlem.............. 1755.
Parvé, (H. A.), Batavia.............. 1806.
Patijn, (G. A.), Harlem.............. 1777.
Pauw geb. Hoeufft, (J. D.), Harlem.. 1757.
Perponcher de Sedlnitzky, (W. E. de), Utrecht.............................. 1778.
Perre, (J. A. van de), Middelbourg..... 1786.
Perrenot, (A.), Kuilenbourg........... 1758.
Poelien, (D. van, Dordrecht........... 1826.
Quarles van Ufford, (Jhr. L. J.), Harlem 1834.
Quarles van Ufford, (P. N.), Harlem.. 1804.
Quarles van Ufford, (Jhr. P. N.), Harlem 1861.
Rademacher, (D.), Middelbourg....... 1771.
Radermacher, (J. C. M.), Batavia.... 1777.
Raet, (A. de), Harlem............... 1752.
Reede, (W. F. Comte van), La Haye. 1821.
Reenen, (G. C. J. van), Amsterdam... 1850.
Rendorp, (J.), Amsterdam........... 1777.
Rendorp, (P.), Amsterdam........... 1755.
Rendorp van Marquette, (W.), Amsterdam 1812.
Repelaer van Driel, (O.), La Haye..... 1814.
Reynhard, (C. F.), Utrecht........... 1779.
Rhijn, (J. M. van), Amsterdam...... 1796.
Riemsdijk, (J. van), Batavia.......... 1777.
Riemsdijk, (Y. J. Faber van), Harlem.... 1777.
Rochussen, (J. J.), La Haye......... 1841.
Roëll, (W. F.), La Haye............ 1814.
Rose, (S. H.), Batavia............... 1802.
Ross, (J. M.), Bengale.............. 1777.
Rouse, (L. G.), Zwolle.............. 1755.
Rouwenoort, (W. H. Baron van), La Haye. 1770.
Royer, (A. H.), La Haye............. 1775.
Saxe, (C.), Batavia.................. 1795.
Schimmelpenninck, (R. J.), Paris...... 1804.
Schuylenburch van Bommenéde, (F. P. G. van), La Haye.................. 1812.
Schuylenburch, (P. van), Harlem...... 1752.
Schwartzenberg en Hohenlansberg, (G. F. Baron Thoe), Franeker.......... 1776.
Schwartzenberg en Hohenlansberg, (G. F. Baron Thoe), Beetgum.......... 1843.
Severijn, (A. J.), Amsterdam........ 1805.
Siberg, (J.), Batavia................ 1795.
Six, (C. C.), Amsterdam............. 1806.
Six, (W.), La Haye.................. 1805.
Sleyden, (J. P. H. van der), Harlem.... 1855.
Slicher, (A.), Harlem................ 1752.
Smith, (D. J.), Batavia.............. 1786.
Staring, (A. C. W.), Lochem....... 1804.
Steege, (J. van der), Groningue....... 1790.
Steurs, (Jhr. F. V. A. Ridder de), La Haye 1853.
Steijn, (P.), La Haye................ 1759.
Stockum, (H. van), Batavia.......... 1790.
Straalman, (A. W.), Amsterdam...... 1805.
Stralen, (A. van), Harlem............ 1866.
Stralen, (H. van), La Haye.......... 1805.
Stratenus, (A. A.), La Haye......... 1826.
Styrum, (F. W. Baron van), Harlem.... 1835.
Styrum, (J. van), Harlem............ 1805.
Sweers, (J.), Amsterdam............. 1761.
Sypesteyn, (C. A. van), Harlem....... 1752.
Sypesteyn, (C. A. van), Harlem...... 1784.
Temminck, (C. J.), Amsterdam...... 1805.
Tets, (Jhr. G. F. van), Harlem...... 1859.
Tets van Goudriaan, (A. W. N. van), Harlem.............................. 1814.
Tets van Goudriaan, (D. A. W. van), Harlem.............................. 1818.
Titsingh, (J.), Batavia............... 1795.
Ursel, (C. J. Duc de), La Haye...... 1816.
Verschuer, (B. A. Baron van), Amsterdam 1845.
Vereul, (A.), Amsterdam............. 1812.
Verhuell, (C. A.), Paris............. 1812.
Verhuell, (A.), Paris................ 1806.
Vermeulen, (P.), Harlem............ 1761.
Verrijst, (A.) Gouda................ 1780.
Verstolk van Zoelen, (J. G.), Harlem. 1806.
Vladeracken, (C. J. van), Harlem..... 1867.
Vlugt, (J. van der), Harlem......... 1857.
Vollenhoven Jz., (C. van), Rotterdam. 1799.
Vollenhoven, (J. Messchert van), Amsterdam 1799.
Vollenhoven, (J. Messchert van), Amsterdam 1855.
Vos van Steenwijk, (C. de), Meppel... 1806.
Voute, (R.), Amsterdam............. 1806.
Vredenburch, (J. W. van), Delft...... 1806.
Vrolik, (A.), La Haye.............. 1858.
Walraven Vonk, (C.), Nimègue..... 1758.
Wassenaer Twickel, (C. G. Comte van), Delden.............................. 1779.
Weert, (P. van de), Batavia......... 1795.
Wellens, (J.), Bruxelles............ 1822.
Wesele Scholten, (B. P. van), La Haye. 1803.
Wichers, (J. G.), Surinam........... 1784.
Wichers, (H. L. Baron), Groningue... 1812.
Wiegerman, (J. H.), Batavia........ 1795.
Wiese, (A. H.), Harlem............ 1802.
Wilde, (A. de), Batavia............. 1818.
Willink, (A.), Amsterdam........... 1828.
Willink van Bennebroek, (A. D.), Amsterdam.............................. 1828.
Willink, (J. A.), Amsterdam......... 1796.
Willink Wzn., (J. A.), Amsterdam.. 1866.
Willink ADzn., (J.), Amsterdam..... 1854.
Willink, (J.), Amsterdam........... 1802.
Willink Jr., (J), Amsterdam.......... 1827.
Willink, (W.), Amsterdam........... 1796.
Willink Jr., (W.), Amsterdam........ 1841.
Winter NSz., (P. van), Amsterdam.... 1803.
Witsen, (J), Amsterdam............ 1755.
Wijn, (H. van), La Haye............ 1803.
IJsseldijk, (W. H. van), Batavia..... 1802.
Zuylen van Nyevelt, (J. A. Baron van), Rotterdam.......................... 1812.
Zuylen van Nyevelt, (J. P. Comte van). 1812.

MEMBRES RÉSIDANTS.

Aa, (C. C. H. van der), Harlem..... 1752.
Aeneae, (H.), Amsterdam............ 1781.
Alewijn, (C.), Amsterdam........... 1835.
Alberti, (J.), Leide................ 1752.
Albinus, (B. S.), Leide............. 1758.
Albinus, (F. B.), Leide............. 1771.
Allamand, (J. N. S.), Leide......... 1753.
Allardi, (C.), Franeker............. 1805.
Amstel Jcz., (C. Ploos van), Amsterdam 1768.
Ange, (J. Teissèdre l'), Harlem........ 1798.
Ankum, (C. H. van), Groningue...... 1855.
Arntzenius, (H.), Utrecht............ 1815.
Arntzenius, (H. J.), Zutphen......... 1772.
Arntzenius, (R. H.), Harlem......... 1808.
Arp, (J. W. van), Amsterdam....... 1780.
Assen, (C. J. van), Leide........... 1819.
Bachiene Jz., (W. A.), Kuilenbourg... 1758.
Bacot, (G. J. G.), Eenrum........... 1784.
Bake, (J.), Leide.................... 1818.
Bakker, (G.), Harlem............... 1806.
Barneveld, (W. van), Amsterdam...... 1793.
Bast, (J. A. de), Gand.............. 1815.
Baster, (J.), Zierikzée............... 1753.
Baumhauer, (E. H. von), Amsterdam... 1853.
Beek, (A. van), Utrecht.............. 1831.
Bemmelen, (A. van), Delft........... 1803.
Bennet, (J. A.), Leide............... 1798.
Bergsma, (C. A.), Utrecht............ 1841.
Bernard, (J. C. B.), Harlem......... 1803.
Beuth, (G. J.), Clèves............... 1777.
Bicker, (L.), Rotterdam.............. 1763.
Blanken Jz., (A.), Gouda............ 1808.
Blanken Jz., (J.), Amsterdam......... 1808.
Blassière, (J. J.), La Haye.......... 1764.
Bleeker, (P.), Batavia................ 1853.
Bleuland, (J.), Utrecht............... 1798.
Blume, (C. L.), Leide................ 1833.
Boddaert, (P.), Flessingue............ 1772.
Bodel, (J.), Dordrecht............... 1806.
Boer, (C. W. R.), Utrecht........... 1801.
Boers, (F. W.), Amsterdam.......... 1752.
Boerhaave, (A. K.), St. Pétersbourg... 1758.
Bolstra, (M.), Amsterdam............ 1755.
Bomme, (B.), Middelbourg............ 1858.
Bondam, (P.), Harderwick............ 1765.
Bondt, (N.), La Haye................ 1758.
Bonn, (A.), Amsterdam............... 1780.
Boon Mesch, (A. H. van der), Leide.... 1832.
Boon Mesch, (H. C. van der), Leide.. 1824.
Borger, (E. A.), Leide............... 1812.
Bosch, (D. van den), IJsselsteyn...... 1779.
Bosch, (I. J. van den), La Haye...... 1775.
Bosch, (H. van den), Rotterdam...... 1814.
Bosch Jz., (J. de), Amsterdam........ 1776.
Bosscha, (J.), La Haye............... 1863.
Bosscha, (J.), Amsterdam............ 1839.
Bosscha, (H.) Amsterdam............. 1808.
Bosquet, (J.), Maestricht............. 1855.
Breda, (J. van), Delft................ 1790.
Breda, (J. G. S. van), Gand......... 1821.
Brender à Brandis, (G.), Amsterdam... 1791.
Brill, (W. G.), Utrecht.............. 1861.
Brink, (J. ten), Harderwick.......... 1809.
Broek, (J. H. van den), Utrecht...... 1865.
Broers, (J. C.), Leide................ 1839.
Brouwer Bosch, (W.), Harlem......... 1839.
Brown, (W. L.), Utrecht............. 1790.
Brugmans, (A.) Groningue............ 1770.
Brugmans, (G.), Dockum............. 1772.
Brugmans, (S. J.), Leide............ 1788.
Brunings, (C.), Spaarndam.......... 1769.
Brunings Jr., (C.), Spaarndam........ 1793.
Brunings, (C. L.), Vianen............ 1808.
Bugge van der Boge, (C. M.), Harlem 1793.
Burman, (P.), Amsterdam............. 1752.
Burmannus, (J.), Amsterdam.......... 1773.
Burmannus, (N. L.), Amsterdam........ 1773.
Buys, (J.). Amsterdam................ 1808.
Buys Ballot, (C. H. D.), Utrecht..... 1857.
Buysing, (D. J. Storm), Delft......... 1861.
Calkoen, (J.), Amsterdam............ 1804.
Calkoen, (J. F. van Beeck), Utrecht..... 1799.
Camper, (A. Gilles), Lankum.......... 1801.
Camper, (P.), Amsterdam............. 1760.
Cannegieter, (H.), Arnhem............ 1758.
Capelle, (J. P. van), Amsterdam...... 1813.
Castillion, (J.), Utrecht.............. 1760.
Chais, (C.), La Haye................ 1753.
Chaudoir, (A.), Leide................ 1795.
Chaufepié, (G. S. de), Delft.......... 1811.
Chernac, (L.), Deventer.............. 1813.
Chutbertson, (J.), Amsterdam......... 1788.
Clarisse, (J.), Harderwick............ 1806.
Clé, (H. N. La), Batavia............ 1783.
Clossius, (J. F.), La Haye........... 1771.
Cock, (H.), Amsterdam............... 1841.
Conrad, (F. W.), La Haye........... 1843.
Coopmans, (G.), Franeker............ 1765.
Çoopmans, (G.), Franeker............ 1776.
Couperus, (P. T.), Gouda............ 1784.
Crane, (J. W. de), Franeker......... 1814.
Cras, (H. C.), Amsterdam............ 1794.
Creutz, (J. S.), Amsterdam.......... 1783.
Creutznach, (L. S de), La Haye...... 1753.
Damen, (C. H.), La Haye............ 1784.
Damen, (J. C.), La Haye............ 1791.
Dankelman, (A.), Batavia............ 1804.
Deen, (J. van), Groningue............ 1863.
Deiman, (J. R.), Amsterdam.......... 1783.
Delprat, (J. P.), Breda.............. 1839.
Dentan, La Haye..................... 1778.
Doerffel, (C.), Curaçao.............. 1758.
Doeveren, (G. van), Groningue........ 1765.
Donders, (F. C.), Utrecht............ 1855.
Douwes, (B. J.), Amsterdam.......... 1779.
Douwes, (C.), Amsterdam............. 1752.
Driessen, (P.), Groningue............ 1791.
Drijfhout, (A.), Middelbourg......... 1795.
Drijfhout, (J. F.), La Haye.......... 1755.
Dijk, (P. W. L. van) Amsterdam.... 1812.
Dijl, (H. van), Amsterdam............ 1781.
Dijlius, (D.), Amsterdam.............. 1812.
Eck, (C. Fransen van), Deventer........ 1808.
Eckhardt, (A. G.), La Haye........... 1779.
Ekama, (C.), Franeker................ 1808.
Elias, (P.), Harlem................... 1852.

Ende, (A. van den), Harlem........... 1802.
Engelberts, (E. M.), Hoorn........... 1771.
Engelen, (J. Voegen van), Surinam.... 1791.
Engelhart, (N.), Groningue........... 1755.
Engelman, (J.), Harlem............... 1752.
Enschedé, (J.), Harlem............... 1798.
Enschedé, (J.), Harlem............... 1816.
Enschedé, (W. A.), Franeker.......... 1837.
Ermerins, (F. Z.), Groningue......... 1866.
Everts, (B. H.), Bloemendaal......... 1863.
Eijk, (S. Speyert van der), Leiden..... 1806.
Falck, (A. R.), Amsterdam........... 1812.
Fas, (J. A.), Leide................. 1806.
Feith, (R.), Zwolle.................. 1808.
Florijn, (J.), La Haye............... 1796.
Forsten, (R.), Harderwick............ 1783.
Franken, (B.), Harlem................ 1789.
Fremery, (N. C. de), Utrecht......... 1795.
Fremery, (P. J. J. de), Utrecht...... 1831.
Fruin, (R.), Leide................... 1861.
Fijnje van Salverda, (H. F.), Bois-le-duc. 1850.
Gabry, (P.), La Haye................ 1753.
Galama, (S. J.), Sneek.............. 1833.
Galdi, (M.), La Haye................ 1808.
Gallandat, (D. H.), Flessingue........ 1777.
Gaubius, (J. D.), Leide.............. 1752.
Geel, (J.), Leide.................... 1835.
Geer, (J. L. W. Baron de), La Haye 1814.
Gerth, (A. van), Breda............... 1759.
Gesscher, (D. van), Amsterdam........ 1770.
Geuns, (J. van), Leide............... 1808.
Geuns, (M. van), Groningue........... 1770.
Geuns, (S. J. van), Utrecht.......... 1790.
Giraud, (M.), Amsterdam.............. 1808.
Goekoop, (A.), Arnhem............... 1830.
Gorter, (H. Boerhaave de), Amsterdam. 1863.
Goudoever, (A. van), Zwolle.......... 1813.
Goudriaan, (A. F.), Amsterdam........ 1808.
Grashuis, (J.), Hoorn............... 1758.
Groen van Prinsterer, (P. J.), La Haye. 1808.
Gronovius, (L. T.), Leide............ 1762.
Groot, (J. de), La Haye.............. 1758.
Gummer, (J.), Groningue.............. 1781.
Guyot, (H. D.), Groningue............ 1793.
Haaff, (G. ten), Rotterdam.......... 1760.
Haaff, (G. G. ten), Rotterdam........ 1779.
Haan, (D. Bierens de), Deventer...... 1860.
Haan, (W. de), Leide................. 1839.
Haar, (J. van der), Bois-le-duc....... 1763.
Hahn, (J. D.), Utrecht............... 1755.
Halbertsma, (H.), Leide.............. 1855.
Hall, (H. C. van), Groningue......... 1830.
Hall, (M. C. van), Amsterdam......... 1809.
Hamaker, (H. A.), Leide.............. 1825.
Hamel, (J.), St. Pétersbourg.......... 1819.
Hamelsveld, (Y. van), Leide.......... 1792.
Harting, (P.), Utrecht............... 1852.
Hasselt, (W. H. van), Zutphen........ 1777.
Haugh, (C. F.), Honsholredick........ 1808.
Heerkens, (G. N.), Groningue......... 1772.
Heilbron Cz., (D.), La Haye.......... 1796.
Hemert, (P. van), Amsterdam.......... 1795.
Hemsterhuis, (F.), La Haye........... 1772.
Hennert, (J. F.), Leide.............. 1761.
Heringa Ez., (J.), Utrecht........... 1795.
Herklots, (J. H.), Leide............. 1863.
Hesselink, (G.), Amsterdam........... 1792.
Heusde, (Ph. W. van), Utrecht......... 1808.
Heynsbergen, (C. van), Medemblik.... 1839.
Hoefman, (C.), Alkmaar.............. 1775.
Hoek, (M.), Utrecht.................. 1866.
Hoeven, (A. des Amorie van der) Amsterdam.......................... 1851.
Hoeven, (C. Pruijs van der), Leide... 1830.
Hoeven, (J. van der), Leide.......... 1833.
Hollebeek, (E.), Leide............... 1763.
Holtzhey, (J. G.), Amsterdam......... 1753.
Honert Thz., (J. van den), Leide..... 1752.
Hoogeveen, (H.), Delft.............. 1791.
Hoorn, (P. G. van), Leide............ 1814.
Hooyman, (J.) Batavia................ 1779.
Horst, (J. van), Leide............... 1810.
Houttuijn, (M.), Amsterdam........... 1780.
Hovius, (J.), Amsterdam.............. 1769.
Huichelbos van Liender, (J. D.), Rotterd. 1796.
Hulsbeek, (P. A.), Harlem............ 1793.
Hulshoff, (A.), Amsterdam............ 1770.
Hulthem, (B. van), Bruxelles......... 1815.
Hussem, (B.), Amsterdam.............. 1794.
Iperen, (J. van), Lillo.............. 1765.
Jacobs, (J. B.), Gand............... 1784.
Jean, (F. de), Leide................. 1777.
Jelgersma, (W. B.), Boxem et Blessem.......................... 1795.
Jonge, (Jhr. J. C. de), La Haye...... 1843.
Kaiser, (F.), Leide.................. 1837.
Kampen, (N. G. van), Leide.......... 1815.
Kantelaar, (J.), La Haye............. 1808.
Kasteleyn, (P. J.), Amsterdam........ 1789.
Kemper, (Jhr. J. de Bosch), Amsterdam 1851.
Kemper, (J. M.), Leide.............. 1806.
Kerckhoff, (P. J. van), Groningue.... 1853.
Kinker, (J.), Liége.................. 1818.
Kirchhoff, (J. R. L. von), Anvers.... 1825.
Kleinhoff van Enspijk, (C. F.), Amsterd. 1811.
Klinkenberg, (D.), Harlem........... 1758.
Klockner, (J. C.), Batavia.......... 1784.
Kloeckhoff, (C. A.), Kuilenbourg...... 1760.
Kneppelhout, (G. J.), Leide......... 1815.
Koeverden, (B. van), Harlem.......... 1758.
Kok, (P. S. de), Anvers.............. 1788.
Koning, (B.), Akersloot.............. 1817.
Koning, (J.), Amsterdam.............. 1818.
Konijnenburg, (J.) Amsterdam......... 1815.
Kool, (A. Roskam), Beverwick......... 1777.
Kops, (J.), Amsterdam................ 1800.
Koster, (W.), Utrecht................ 1866.
Kraaijenhof, (C. R. T.), Amsterdam.... 1791.
Kragtingh, (J.), Harlem.............. 1789.
Krauss, (C. C.), Harderwick.......... 1812.
Kriel, (S. C.), Batavia.............. 1765.
Lavaux, (P. de), La Haye............ 1755.
Lennep, (D. J. van), Amsterdam...... 1802.
Lennep, (J. van), Amsterdam.......... 1851.
Leurs, (W.), La Haye................ 1794.
Lier, (J. van), Assen................ 1772.
Lidt de Jeude, (J. G. van), Harderwick.. 1817.
Lil, (J. van), Rotterdam............. 1760.
Lipkens, (A.), La Haye.............. 1830.
Lobatto, (R.), Delft................. 1850.
Logger, (L.), Leide.................. 1809.
Lotichius, (P. N.), Nimègue.......... 1779.

Lubach, (D.), Harlem .... 1864.
Lublink de Jonge, (J.), Amsterdam ... 1775.
Lulofs, (J.), Leide. .... 1752.
Lyonnet, (P.), La Haye .... 1753.
Maanen, (F. J. van), La Haye ...... 1814.
Maanen, (P. J. van), Amsterdam ..... 1805.
Magnet, (J. L.), Harlem .... 1758.
Man, (M. J. de), Nimègue .... 1771.
Marck, (F. A. van der), Groningue.... 1771.
Martfeldt, (J. F.), La Haye .... 1758.
Martinet, (J. F.), Edam .... 1769.
Marum, (M. van), Harlem .... 1776.
Matthes, (C. J.), Amsterdam......... 1851.
Meersch, (A. A. van der), Amsterdam. 1782.
Meerten, (L. A. van), La Haye...... 1806.
Mentz, (D.), Harlem .... 1823.
Metelerkamp, (R.), Amsterdam........ 1808.
Metzlar, (J. C.), Batavia............ 1783.
Meuschen, (F. C.), La Haye......... 1780.
Meyer, (L.), Twijzel et Rooten .... 1780.
Millies, (H. C.), Amsterdam......... 1850.
Miquel, (F. A. W.), Rotterdam...... 1841.
Mirbel, (M.), La Haye............. 1808.
Mohr, (J. M.), Batavia .... 1763.
Moll, (G.), Utrecht................ 1817.
Monchy, (F. W. de), Amsterdam..... 1780.
Monchy, (S. de), Rotterdam .... 1760.
Mons, (J. B. van), Bruxelles .... 1799.
Mulder, (C.), Groningue .... 1833.
Mulder, (G. J.), Rotterdam.......... 1835.
Mulder, (J.), Groningue .... 1808.
Muller, (J. W. Statius), Harlem ..... 1808.
Munnikhof, (J.), Amsterdam.......... 1775.
Musschenbroek, (P. van), Leide....... 1752.
Muntinghe, (H.), Groningue.......... 1813.
Nahuijs, (A. P.), Harderwick......... 1771.
Nahuijs, (G. J.), Amsterdam .... 1779.
Nettis, (J.), Middelbourg .... 1768.
Nielen, (P. M.), Utrecht .... 1779.
Nieuhoff, (B.), Harderwick .... 1805.
Nieuwenhuizen, (J.), Leide.... ...... 1811.
Nieuwland, (P.), Amsterdam.......... 1789.
Nieuwport, (C. Comte de), Bruxelles... 1806.
Noppen, (J.), Spaarndam............. 1752.
Numan, (A.), Utrecht .... 1823.
Offerhaus, (L.), Groningue........... 1755.
Olivier, (G. van), Amsterdam......... 1815.
Ommeren, (R. van), Amsterdam....... 1791.
Onderdewijngaard-Canzius, (J. H.), Delft 1803.
Ontijd, (C. G.), La Haye........... 1812.
Oudendorp, (F. van), Leide .... 1752.
Oudemans Jr., (A. C.), Delft......... 1868.
Oudemans, (C. A. J. A.), Amsterdam.. 1860.
Paats van Troostwijk, (A.), Amsterdam 1782.
Pabst tot Bingerden,(R.W.J. Baron),Clèves 1811.
Palier, (J. C.), Bois-le-duc........... 1767.
Palm, (J. H. van der), Leide........ 1799.
Paradijs, (N.), Amsterdam........... 1782.
Pareau, (J. H.), Utrecht............ 1814.
Parmentier, (J.), Enghien............ 1819.
Paulus, (P.), La Haye.............. 1780.
Peerlkamp, (P. Hofman), Leide....... 1818.
Pelerin, (A.), Maestricht............ 1764.
Petersen Michell, (J.), Amsterdam,.... 1786.
Petsch, (J.), IJsselsteyn .... 1763.
Plaat, (A. H. J. van der), Harderwick 1810.
Pool, (G. J.), Amsterdam............ 1837.
Praalder, (L.), Rotterdam............ 1755.
Pui, (M. Simon du), Kampen .... 1752.
Puijn, (J.), Harlem................. 1804.
Raepsaet, (J. I.), Bruxelles.......... 1815.
Rau, (S. F. J.), Leide .... 1806.
Rauwenhoff, (N. W. P.), Rotterdam.. 1868.
Reenen, (J. H. van), Amsterdam ..... 1818.
Rees, (R. van), Utrecht............. 1835.
Reinwardt, (C. G. C.), Amsterdam.... 1805.
Reitz, (W. O.), Middelbourg......... 1752.
Rhoer, (C. W. de), Harderwick...... 1779.
Rhoer, (J. de), Groningue .... 1779.
Riemer, (P. de), La Haye........... 1817.
Rocquette, (J.), Harlem .... 1775.
Rose, (C.), Utrecht .... 1780.
Rouppe, (H. W.), Rotterdam......... 1796.
Rossijn, (J. T.), Harderwick......... 1775.
Roy, (C. H. à), Amsterdam .... 1812.
Ruhnkenius, (D.), Leide............. 1758.
Runnels, (J.), St. Eustache .... 1779.
Rijke, (P. L.), Leide............... 1851.
Rijneveld, (J. C. van), Breda........ 1839.
Rijswijk, G. J. van), Amsterdam ..... 1793.
Salomon, (G.), Leide............... 1811.
Sandifort. (E.), Leide .... 1771.
Sandifort, (G.), Leide .... 1808.
Sandifort, (J. B.), La Haye.......... 1786.
Sannié, (P.), Harlem............... 1752.
Saxe, (C.), Utrecht................ 1779.
Saxe, (F.), Deventer................ 1793.
Schacht, (C. P.), Harderwick .... 1793.
Schacht, (J. Oosterdijk, Utrecht....... 1764.
Scharp, (J.), Rotterdam............. 1816.
Scheltema, (J.), Amsterdam.......... 1808.
Schim, (J.), Maassluis............... 1755.
Schlegel, (H.), Leide............... 1839.
Schneevoogt, (G. E. Voorhelm), Amsterd. 1863.
Schröder, (J. F. L.), Enkhuizen...... 1810.
Schröder van der Kolk, (J. L. C.),
Utrecht....................... 1830.
Schroeder, (N. W.), Groningue....... 1777.
Schutte, (G.), Amsterdam .... 1796.
Schwencke, (T.), La Haye .... 1752.
Sebastian, (A. A.), Amsterdam....... 1851.
Sentelet, (J. F.), Bruxelles.. .... 1817.
Serrurier, (J. F.), Zwolle............ 1808.
Siebold, (P. F. von), Leide......... 1834.
Siegenbeek, (M.), Leide .... 1803.
Simons, (A.), Utrecht............... 1817.
Simons, (G.), Delft................ 1850.
Slabber, (M.), Middelbourg.......... 1767.
Sluiter, (J. O., Deventer............. 1809.
Smallenburg, (N.), Leide............ 1810.
Snellen, (J.), Rotterdam .... 1753.
Solingen, (A. van), Middelbourg...... 1799.
Spaen Lalecq, (W.A. Baron van), La Haye 1815.
Stamkart, (F. J.), Amsterdam........ 1865.
Staring, (W. C. H.), Lochem .... 1839.
Steenstra, (P.), Amsterdam........... 1771.
Stipriaan Luiscius, (A. van), Delft..... 1794.
Strating Ez., (S.), Groningue .... 1824.
Stronck, (C. W.), Dordrecht.......... 1816.
Stuart, (M.), Amsterdam............. 1808.
Struick, (N.), Amsterdam............. 1755.
Suerman, (B. F.), Utrecht........... 1839.

Suringar, (G. C. B.), Amsterdam..... 1833.
Suringar, (W. F. R.), Leide.......... 1863.
Swaagman, (E. P.), Amsterdam....... 1776.
Swaving, (A. C.), Harlem........... 1798.
Swieten, (G. Baron van). St. Pétersbourg 1761.
Swinden, (J. H. van), Franeker...... 1769.
Swinderen, (T. van), Groningue....... 1809.
Sybel, (H. F.), Clèves.............. 1752.
Tak, (J.), Leide.................. 1764.
Tex, (C. A. den), Amsterdam........ 1832.
Tieboel, (B.), Groningue............ 1770.
Tilanus, (C. B.), Amsterdam......... 1855.
Tollius, (H.), Amsterdam............ 1779.
Thomassen à Thuessink, (E. J.), La Haye 1788.
Tooren, (J. L. van der), Amsterdam.. 1783.
Thorbecke, (J. R.), Leide.......... 1839.
Tour, (M. La), Leide.............. 1808.
Tydeman, (M.), Utrecht............. 1777.
Tydeman, (H. W), Leide............ 1812.
Uilkens, (J. A.), Eenrum............ 1815.
Utenhove van Heemstede, (J. M. C.), Jutphas.......................... 1808.
Uylenbroek, (P. J.), Leide........... 1832.
Valckenaer, (J.) Amsterdam.......... 1809.
Valkenaar. (L. C.), Franeker........ 1755.
Veirac, (J.), Rotterdam............. 1758.
Venema, (H.), Franeker............ 1758.
Verdam, (G. J.), Leide............ 1839.
Verhuell, (Q. M. R.), Rotterdam.... 1843.
Verloren, (M. C.), Utrecht.......... 1860.
Vermeer, (T.), Batavia............. 1790.
Verschuir. (W. Forsten), Amsterdam.. 1774.
Verster, (F.), Bois-le-duc........... 1776.
Vinne, (J. van der), Batavia.......... 1835.
Vitringa, (M.), Arnhem............ 1761.
Voet, (J. H.), Amersfoort.......... 1808.
Vogelsang, (H.), Delft.............. 1866.
Vloten, (W. A. van), Amsterdam.... 1792.
Vollenhoven, (S. C. Snellen van), Leide. 1860.
Voltelen, (F. J.), Leide............ 1784.
Voorst, (J. van), Leide............. 1810.
Voort, (G. van der), Groningue....... 1790.
Vos, (W. de), Amsterdam........... 1792.
Vosmaer, (A.), La Haye............ 1770.
Vosmaer, (J.), Zutphen.. .... 1814.
Vries, (A. de), Harlem.............. 1844.
Vries, (C. de), Harlem.............. 1791.
Vries Az., (G. de), La Haye.......... 1865.
Vries, (J. de), Leeuwarden........... 1776.
Vries, (J. de), Amsterdam............ 1813.
Vries, (M. de), Leide............... 1864.
Vriese, (W. H. de), Amsterdam...... 1841.
Vrolik, (G.), Amsterdam............ 1802.
Vrolik, (W.), Amsterdam............ 1832.
Waardenburg, (H.), Harlem.......... 1808.
Wagler, (C. H.), La Haye........... 1772.
Water, (J. W. te), Middelbourg...... 1779.
Weiland, (P.), Rotterdam............ 1808.
Weis, (A.), Leide.................. 1752.
Wenckebach, (J. C.), Amsterdam..... 1808.
Wesseling, (P.), Utrecht............ 1755.
Westerman, (G. F.), Amsterdam....... 1868.
Westra, (J. J.), Harlem............ 1795.
Widder, (F. A.) Groningue........... 1770.
Wigeri, (J.), Beverwick............ .. 1793.
Willemse, Gz. (J.), Harlem........... 1784.
Willigen, (V. S. M. van der), Deventer 1858.
Willmet, (J.), Amsterdam............ 1805.
Wind, (P. de), Middelbourg.......... 1761.
Winkler, (T. C.), Harlem........... 1864.
Wiselius, (D. J.), Amsterdam......... 1818.
Wittert van Bloemendaal, (A.), Beverwick............................ 1784.
Woensel, (J. van), Harlem........... 1762.
Wttewaal, (C.), Leide............... 1824.
Wurmb, (F. Baron van), Batavia...... 1779.
Wij, (G. J. van), Amsterdam........ 1786.
Wijnpersse, (D. van de), Leide....... 1786.
Wijnpersse, (S. J. van de), Leide..... 1809.
Wijttenbach, (D.), Amsterdam........ 1786.
IJpey, (A.), Franeker.............. 1775.
IJpey, (A.), Groningue.............. 1813.
IJpey, (N.), Franeker............... 1758.
Zillesen, (C.), Schiedam............. 1783.

MEMBRES ÉTRANGERS.

Achard, (F. C.), Berlin.... 1778.
Adams, (J.), Philadelphie.... 1805.
Agassiz, (L. J. R.), Boston.... 1853.
Andersson, (N. J.), Stockholm.... 1868.
Arago, (D. F. J.), Paris.... 1832.
Babbage, (C.), Londres.... 1839.
Baer, (K. E. von), St. Pétersbourg... 1862.
Bailly, (J. S.), Paris.... 1783.
Ballexserd, (J.) Paris.... 1778.
Banks, (J.) Londres.... 1790.
Barrande, (J.), Paris.... 1855.
Barzelotti, (G.), Sienne.... 1812.
Beneden, (P. J. van), Louvain.... 1855.
Benkö, (S. von), Zevenbergue.... 1781.
Bergius, (P. J.), Stockholm.... 1773.
Bernstein, (G. H.), Berlin.... 1818.
Berthollet, (C. L.), Paris.... 1786.
Berzelius, (J. J.), Stockholm.... 1830.
Bessel, (F. W.), Königsberg.... 1830.
Bilgen, (C.), Smithausen.... 1781.
Blagden, (C.), Londres.... 1791.
Block, (M. E.), Berlin.... 1782.
Blumenbach, (J. F.), Göttingue.... 1792.
Boeckman, (J. L.), Carlsruhe.... 1803.
Bonaparte, (C. L.), Rome.... 1841.
Bonnet, (C.) Genève.... 1765.
Boscovich, (R. G.), Milan.... 1770.
Boué, (A.), Vienne.... 1839.
Brewster, (D.), Edimbourg.... 1832.
Brongniart, (A.), Paris.... 1830.
Bronn, (H. G.), Heidelberg.... 1851.
Brown, (R.), Londres.... 1830.
Brullé, (A.), Dijon.... 1864.
Buch, (C. L. von), Berlin.... 1850.
Buc'hoz, (P. J.), Paris.... 1783.
Buckland, (W.), Oxford.... 1833.
Bugge, (T.), Copenhague.... 1798.
Bunsen, (R. W.), Heidelberg.... 1861.
Busch, (J. G.), Hambourg.... 1784.
Carrard, (B.), Berne.... 1772.
Cassini, (M. C. Comte de), Paris.... 1786.
Castillon, (F. A. M. G. de), Berlin... 1786.
Chladni, (E. F. F.), Wittemberg.... 1803.
Claussius, (R. J. E.), Zürich.... 1857.
Collin, (H. J.), Vienne.... 1776.
Coxe, (J. R.), Philadelphie.... 1805.
Crell, (L. F. F. von), Helmstädt.... 1792.
Cuvier, (G. L. C. F. D.), Paris.... 1811.
Daubrée, (G. A.), Strasbourg.... 1860.
Davidson, (Th.), Brighton.... 1864.
Decandolle, (A. L. P. P.), Genève... 1857.
Decandolle, (A. P.), Paris.... 1830.
Delambre, (J. B. J.), Paris.... 1820.
Delius, (H. F. von), Erlangen.... 1790.
Deluc, (J. A.) Windsor.... 1791.
Deodat de Gratet de Dolomien, Paris... 1792.
Develey, (J. E. L.), Lausanne.... 1803.
Deville, (H. E. Sainte-Claire). Paris.. 1856.
Dufay, (M.), Orléans.... 1784.
Dumas, (J. B.), Paris.... 1868.
Duvernoy, (G. L.), Paris.. 1851.
Edwards, (H. Milne), Paris.... 1851.
Ehrenberg, (C. G.), Berlin.... 1839.
Eichwald, (E.), Wilna.... 1838.
Elie de Beaumont, (J. B. A. L. L.), Paris. 1839.
Erb, (J. L.), Heidelberg.... 1803.
Escher, (H. C.), Zürich.... 1809.
Escher von der Linth, (A.), Zürich... 1853.
Eschricht, (D. F.), Copenhague.... 1858.
Euler, (M.), St. Pétersbourg.... 1787.
Faraday, (M.), Londres.... 1850.
Faujas de Saint-Fond, (B.), Paris.... 1786.
Flaugergues, (H.), Vivier.... 1794.
Forbes, (J. D.), Edimbourg.... 1845.
Forchhammer, (J. G.), Copenhague.... 1864.
Foucault, (J. B. L.), Paris.... 1857.
Fourcroy, (A. F. de), Paris.... 1802.
Francius, (.), Leipzig.... 1790.
Freyer, (F. W.), Hildburghausen.... 1809.
Frisi, (P.), Milan.... 1771.
Fuss, (P. H. von), St. Pétersbourg... 1845.
Gartner, (C. F. von), Calw.... 1850.
Gay-Lussac, (L. J.) Paris.... 1830.
Gebelin, (M. Court de), Paris.... 1781.
Geoffroy Saint-Hilaire, (E.), Paris.... 1803.
Geoffroy Saint-Hilaire, (J.), Paris.... 1855.
Gilbert, (L. W.), Halle.... 1804.
Gioeni, (G.), Catane.... 1792.
Gmelin, (S. G.), Tubingue.... 1764.
Göppert, (H. R.), Breslau.... 1850.
Gorter, (D. de), St. Pétersbourg.... 1760.
Gorter, (J. de), St. Pétersbourg.... 1760.
Graham, (T.), Londres.... 1863.
Graves, (L.), Beauvais.... 1839.
Gren, (F. A. C.), Halle.... 1796.
Gruner, (C. G.), Jena.... 1788.
Guyton de Morveau, (L. B.), Dijon... 1788.
Haan, (A. de), Vienne.... 1761.
Haidinger, (W. von), Vienne.... 1861.
Haller, (A. von), Göttingue.... 1764.
Hauer, (F. von), Vienne.... 1860.
Hausmann, (J. F. L.), Göttingue.... 1832.
Haüy, (R. J.), Paris.... 1803.
Heer, (O.), Zürich.... 1853.
Herschell, (J. F. W.), Londres.... 1832.
Herschel, (F. W.), Windsor.... 1791.
Hertzberg, (E. T. Comte de), Berlin.. 1787.
Hooker, (J. Dalton), Kew.... 1852.
Hofmann, (G. F.), Moscou.... 1799.
Hope, (J.), Edimbourg.... 1778.
Horner, (L.), Edimbourg.... 1814.
Humboldt, (F. H. A. von), Berlin.... 1820.
Hupsch, (J. W. C. A. Baron von), Cologne 1781.
Hurter, (M.), Schafhausen.... 1778.
Hutton, (C.), Woolwich.... 1786.
Ingenhousz, (J.), Vienne.... 1791.
Jacobi, (M. H. von), St. Pétersbourg.. 1856.
Jacquin, (J. F. von), Vienne.... 1803.
Jäger, (G.), Stuttgard.... 1852.
Jefferson, (T.), Philadelphie.... 1805.
Jerusalem, (J. F. W.), Brunswick.... 1775.
Kaestner, (A. G.), Göttingue.... 1799.
Karsten, (W. J. G.), Bützow.... 1767.
Keun, (B.), Smyrne.... 1781.
Kieser, (D. G.), Jena.... 1814.
Kirchhoff, (G. R.), Heidelberg.... 1863.

Kirkman, (J. P.), Warrington......... 1865.
Koninck, (L. G. de), Liége.......... 1855.
La Lande, (J. J. le François de), Paris. 1765.
Landriani, (M.), Milan............... 1787.
Langsdorf, (C. C.), Gernbronn........ 1795.
Laurent, (P. R. R. de St.), Paris..... 1783.
Laurillard, (C. L.), Paris............ 1841.
Lavoisier, (A. L.), Paris.. .... 1786.
Leuckart, (R.), Giessen.............. 1865.
Lichtenberg, (C. C.), Göttingue....... 1798.
Lichtenstein, (M. H. K.), Berlin..... 1812.
Liebig, (J. von), Munich............. 1865.
Lindley, (J.), Londres............... 1833.
Link, (H. F.), Berlin. .... 1817.
Louis, Paris......................... 1775.
Luschka, (H.), Tubingue.............. 1864.
Lyell, (C.), Londres................. 1839.
Magelhaens, (J. H. de), Londres..... 1784.
Maimieux, (M.), Paris................ 1800.
Mandrillon, (J.), Philadelphie......... 1785
Mantell, (G. A.), Londres............ 1852.
Marron, (P. H.), Paris............... 1810.
Martius, (K. F. P. von), Munich..... 1842.
Matthiae, (W. L. A.), Blankenberg... 1804.
Maty, (M.), Londres.................. 1760.
Mechain, (P. F. A.), Paris.......... 1776.
Meckel, (J. F.), Halle............... 1830.
Messier, (C.), Paris................. 1764.
Meyer, (B.), Frankfort............... 1806.
Meyer, (F. E. M.), Offenbach........ 1814.
Meyer, (C. F. H. von), Frankfort.... 1850.
Michaëlis, (J. D.), Göttingue......... 1764.
Michelotti, (G.), Turin.............. 1842.
Mieg, (J. F.), Vienne................ 1775.
Milly, (Comte de), Paris............. 1784.
Mitscherlich, (E.), Berlin............ 1839.
Model, (J. G.), St. Pétersbourg....... 1768.
Moigno, (F.), Paris.................. 1860.
Moleschott, (J. A. W.), Turin....... 1868.
Monge, (G.), Paris................... 1786.
Moreau, (M.), Paris.................. 1777.
Morand, (S. F.), Paris............... 1769.
Muller, (G. F.), St. Pétersbourg...... 1762.
Müller, (J.), Berlin.................. 1843.
Murchison, (R. J.), Londres.......... 1839.
Murray, (J. A.), Göttingue........... 1789.
Necker, (N. J. de), Manheim........ 1773.
Noel, (F.), Paris.................... 1811.
Nordman, (A. von), Odessa. .... 1846.
Oersted, (H. C.), Copenhague........ 1830.
Olbers, (H. W. M.), Brème........... 1820.
Olivi, (G.), Padoue.................. 1794.
Owen, (R.), Londres.................. 1841.
Parrot, (G. F.), Dorpat.............. 1804.
Plücker, (J.), Bonn.................. 1850.
Portal, (A.), Montpellier............. 1775.
Pougens, (M.), Paris................. 1811.
Pouillet, (C. S. M.), Paris........... 1865.
Prevost, (L. C.), Paris............... 1839.
Priestley, (J.), Birmingham........... 1786.
Pringle, (J.), Londres................ 1762.
Quatrefages de Bréau, (J. L. A. de), Paris. 1860.
Raspe, (R. E.), Cassel............... 1773.
Rathke, (M. H.), Königsberg.......... 1859.
Regnault, (H. V.), Paris............. 1851.
Reich, (G. G.), Berlin............... 1801.
Retzius, (A. A.), Stockholm.......... 1858.
Riboud, (M.), Bresse................. 1789.
Richte, (W. M. von), Moscou........ 1818.
Rive, (A. A. de la), Genève.......... 1856.
Rochet, (P. M.), Londres............ 1845.
Römer, (F.), Breslau................ 1863.
Römer, (D. J.), Zürich.............. 1804.
Rosse, (W. P. Comte de), Londres... 1858.
Roy, (J. B. Le), Paris.............. 1787.
Rudolphi, (K. A.), Berlin............ 1832.
Scherer, (A. N.), Halle.............. 1800.
Schirack, (A. G.), Bautzen............ 1772.
Schmidel, (C. C.), Brandebourg....... 1781.
Schrader, (H. A.), Göttingue......... 1810.
Schubart, (. Baron de), Livourne.. 1812.
Schultz Schultzenstein, (C. H.), Berlin. 1838.
Schultze, (M. S.), Halle............. 1858.
Schurer, (F. L.), Strasbourg.......... 1790.
Schurer, (J. L.), Strasbourg.......... 1790.
Schwab, (J. C.), Stuttgard........... 1794.
Schwaegrichen, (.), Leipzig....... 1814.
Schweigger, (J. S. C.), Nüremberg... 1814.
Senebier, (J.), Genève............... 1778.
Serres, (P. M. T. de), Montpellier..... 1838.
Siebold, (C. T. E. von), Munich..... 1861.
Silberschlag, (J. E.), Berlin.......... 1773.
Simon, (M. H. Marquis de Laudrincourt Rouvroi de Saint-), Paris............1771.
Sismonda, (A.), Turin................ 1855.
Smith, (A.), Glasgow................. 1779.
Spallanzani, (L.), Padoue............. 1787.
Sprengel, (C.), Halle................. 1810.
Stählin-Storcksburg, (J. de), St. Pétersbourg 1767.
Steenstrup, (J. J. S.), Copenhague.... 1862.
Stengel, (G. van)..................... 1764.
Steyn, (G. W.), Cassel............... 1773.
Storch, (H.), St. Pétersbourg......... 1818.
Stromeyer, (F.), Göttingue............ 1818.
Struve, (F. G. W.), Dorpat........... 1832.
Studer, (B.), Berne.................. 1852.
Sues, (E.), Vienne................... 1861.
Thouin, (A. F.), Paris............... 1795.
Thunberg, (C. P.), Upsal............. 1781.
Toaldo, (G.), Padoue................. 1782.
Tyndall, (J.), Londres............... 1853.
Valenciennes, (A.), Paris............. 1856.
Vaucher, (J. P. E.), Genève.......... 1818.
Vaughan, (J.), Philadelphie........... 1805.
Villard de Genève, E. E. du), Paris... 1813.
Voigt, (F. S.), Jena.................. 1813.
Voigt, (J. H.), Jena.................. 1800.
Volta, (A.), Pavie.................... 1782.
Wagner, (R.), Göttingne.............. 1863.
Warner, (R.), Bath.................... 1819.
Werner, (A. G.), Freyberg............ 1803.
Wheatstone, (C.), Londres............ 1868.
Wiebeking, (C. F. von), Vienne....... 1798.
Wildenau, (D. C. L.), Berlin......... 1810.
Wilhelmi, (J. G.), Dichsa............ 1772.
Williamson, (H.), Philadelphie........ 1773.
Wöhler, (F.), Göttingue.............. 1863.
Woltman, (R.), Cuxhave.............. 1792.
Wurzer, (F.), Bonn.................. 1803.

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LES

ERREURS PÉRIODIQUES DES VIS MICROMÉTRIQUES,

FAITES A L'OCCASION DES DERNIERS TRAVAUX DE L'OBSERVATOIRE DE LEYDE;

PAR

F. KAISER.

Dans la pratique actuelle de l'astronomie toutes les mesures délicates s'exécutent au moyen de vis, et, par suite, les vis doivent être regardées comme les parties les plus importantes des instruments astronomiques modernes. Il est singulier que pendant bien des années on ait mesuré à l'aide de vis sans s'embarrasser de leurs défauts naturels, quoiqu'il eût été facile de se convaincre que ces organes doivent être travaillés avec une exactitude presque incroyable pour pouvoir répondre aux exigences de l'astronomie. De nos jours on se préoccupe, même dans la détermination de la position absolue des astres, de différences de quelques dixièmes de seconde, et on tient compte de grandeurs qui n'atteignent même pas un dixième de seconde. Les cercles de nos instruments méridiens actuels ont habituellement environ un mètre de diamètre, et au bord d'un pareil cercle un dixième de seconde n'occupe qu'un espace d'un cinq-millième de millimètre. Il est vrai que les vis des microscopes servant aux lectures ne mesurent pas directement l'intervalle entre deux traits du limbe divisé, mais l'image quelques fois grossie de cet intervalle: pourtant, on

voit que l'erreur d'une vis ne saurait plus être négligée, lors même que, en soi, elle ne s'élèverait qu'à quelques millièmes de millimètre. Ramsden a imaginé un procédé fort ingénieux pour obtenir des vis d'un grand degré de perfection [1]), et les artistes les plus renommés des temps postérieurs, entre autres Fraunhofer, ont fait des efforts pour arriver à fabriquer des vis irréprochables. Néanmoins, une couple d'exemples suffiront à montrer que même les vis les plus parfaites exécutées de nos jours peuvent encore conduire à des erreurs très considérables. Le célèbre héliomètre de Bessel, le chef-d'œuvre de Fraunhofer, qui était destiné entre autres à mesurer les parallaxes des étoiles, grandeurs qu'on savait ne pas devoir dépasser une petite fraction de seconde, cet héliomètre de Bessel a une vis dont les erreurs, pour un rayon d'environ trois mètres, ne s'élèvent pas à moins de trois dixièmes de seconde [2]). Dans le bel instrument universel de Repsold, affecté au service géographique des Indes-orientales néerlandaises, et qui semblait devoir permettre la mesure des angles au moins à une seconde près, M. Oudemans a trouvé des erreurs de quinze secondes, dues uniquement à l'imperfection des vis [3]). Lorsque l'instrument, lors d'une réparation, eût été pourvu, par M. Repsold lui-même, de vis meilleures, celles-ci présentèrent des erreurs qui montaient encore à huit secondes [4]). Enfin, une dernière preuve que les vis des microscopes des instruments méridiens actuels sont encore loin de la perfection, c'est qu'une des vis micrométriques adaptées par M. Repsold, il y a peu d'années, au cercle méridien d'Altona, donne lieu à des erreurs qui, d'après l'examen de Pape, atteignent une seconde entière [5]).

---

[1]) J. Ramsden, *Description of an Engine for dividing Mathematical instruments*. Londres, 1777.

[2]) F. W. Bessel, *Astron. Untersuchungen*, Königsberg, 1841, T. I, p. 83.

[3]) *Beschrijving en afbeelding van een Universaal-instrument van* Repsold, *door* Dr. J. A. C. Oudemans, p. 23.

[4]) *Verslag van de geographische dienst in Nederlandsch-Indië over Jan.* 1858 *tot April* 1859, *door* Dr. J. A. C. Oudemans, Batavia, 1860, p. 69.

[5]) *Astron. Nachr.*, T. 50, p. 352.

Bessel, qui introduisit dans l'astronomie pratique le principe, que les erreurs des instruments sont toujours trop grandes pour le degré de précision qu'ils permettent dans les observations, et que l'astronome doit, ou bien éliminer les erreurs de ses instruments, ou bien les déterminer et en tenir compte, Bessel montra aussi la voie qui peut conduire à la connaissance exacte des erreurs d'une vis. Il aborda pour la première fois ce sujet dans l'important ouvrage où il exposa les dispositions prises pour établir sur une base fixe l'étalon des mesures de longueur du royaume de Prusse, et il développa dans cet ouvrage une théorie mathématique qu'il appliqua à l'étude de trois vis différentes [1]). Bessel revint sur cette théorie lors de l'examen du grand héliomètre, et il fit voir comment, d'après sa théorie, les erreurs d'une vis se laissent déterminer avec exactitude, et comment aussi, sans détermination préalable, elles se laissent éliminer par une combinaison de mesures [2]). Une méthode plus directe, mais peut-être un peu moins sûre, fut suivie par M. Peters pour la détermination des erreurs des vis des quatre microscopes de lecture appartenant au cercle vertical d'Ertel, à l'observatoire de Pulkowa [3]). Un astronome d'un mérite éminent, trop tôt enlevé à la science, Pape, détermina en 1859 [4]), d'après une extension de la théorie de Bessel, les erreurs des vis des microscopes de lecture dont Repsold venait de pourvoir le cercle méridien d'Altona. Dans la même année, M. Krüger étudia la vis de l'héliomètre de Bonn [5]), après qu'il eut achevé les mesures qui devaient donner une nouvelle détermination de la parallaxe de l'étoile double *p Ophiuchi*. Tous ces beaux exemples ont mis en pleine évidence que, dans l'état

---

[1]) F. W. Bessel, *Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche durch die Einheit des Preussischen Längenmaasses veranlasst worden sind*, Berlin, 1839, p. 24 et 59.

[2]) F. W. Bessel, *Astron. Untersuchungen*, Königsberg, 1841, T. I, p. 75 et 85.

[3]) *Recueil de Mémoires des Astronomes de l'Observatoire central de Russie*, St. Pétersbourg, 1853, T. I, p. 71.

[4]) *Astron. Nachr.* T. L, p. 343.

[5]) *Astron. Nachr.* T. LI, p. 157.

actuel de l'astronomie, il n'est plus permis de négliger les erreurs des vis même les plus parfaites, et il est d'autant plus surprenant que ces exemples n'aient pas trouvé une imitation générale. L'examen d'une vis est un travail long, ennuyeux et fatigant; mais, la nécessité en ayant été reconnue, il fut décidé qu'une des premières opérations auxquelles on procéderait dans le nouvel Observatoire de Leyde serait l'étude des neuf vis micrométriques faisant partie du cercle méridien, et ce travail a été exécuté avec un soin extrême, il y a déjà une couple d'années, par M. le Dr. N. M. Kam.

L'unité à laquelle se rapportent les mesures données par une vis micrométrique, est l'intervalle qui sépare deux filets immédiatement voisins. La rotation de la vis entraîne le mouvement d'une certaine pièce de l'instrument, et, pour un tour entier de la première, la seconde se déplace d'une quantité précisément égale à la distance mutuelle des filets. L'instrument est ordinairement muni d'une échelle avec index, sur laquelle se marquent les tours entiers de la vis, tandis qu'une des extrémités de celle-ci porte constamment un tambour, dont la circonférence est divisée en un certain nombre de parties égales et sur lequel on peut lire les fractions de tour. Les déplacements, tels que l'échelle et le tambour les font connaître, doivent être rigoureusement proportionnels aux déplacements effectifs que la vis produit ou subit. Pour cela, il est nécessaire que les filets de la vis soient également espacés sur toute sa longueur, et qu'en outre, déroulés sur un plan, ils s'étendent en lignes droites. Il est facile de s'assurer si la première condition est remplie, en mesurant, aux différentes parties de la vis, une longueur correspondante à la distance des filets. Lorsque le développement des filets forme des lignes courbes, on commet une erreur en supposant le résultat de la lecture proportionnel au déplacement, erreur qui ne se laisse pas déterminer si aisément, qui est variable avec l'indication du tambour, mais qui, pour la même indication, reprend une valeur identique, et que, pour cette raison, on appelle l'erreur *périodique* de la vis. Si l'erreur périodique est insensible, la mesure d'un espace qui

n'est pas un multiple exact du pas de la vis doit fournir les mêmes résultats, quel que soit le point de la vis d'où l'on parte dans la mesure. Si, pour des points de départ différents, on trouve des résultats différents, les erreurs périodiques de la vis se laissent déduire de ces données.

Bessel a admis, dans sa théorie des vis, que leurs erreurs périodiques peuvent être représentées par la fonction périodique générale:

$\alpha \, Cos. \, u + \beta \, Sin. \, u + \alpha' \, Cos. \, 2u + \beta' \, Sin. \, 2u + \text{etc.}$ . . . . . (1),

dans laquelle α, β, α', β' etc. sont des coefficients, à déterminer par l'observation, et u l'indication du tambour, traduite en degrés. A condition de ne pas s'embarrasser du nombre de ses termes, la fonction périodique ci-dessus peut exprimer toutes les grandeurs variables, quelles qu'elles soient, qui reprennent régulièrement la même valeur; mais, dans l'application pratique, on doit se borner aux premiers termes, bien que l'influence des suivants puisse aussi se faire sentir lorsque la grandeur varie d'une manière très irrégulière. Bessel n'admettait que les quatre premiers termes de la fonction, mais il est à peine douteux que, pour certaines vis, des termes renfermant les sinus et les cosinus de multiples supérieurs de u ne montent également à une valeur appréciable.

Les coefficients α, β, α' et β' peuvent être déterminés, suivant le précepte de Bessel, de la manière suivante. Une étendue linéaire, que nous nommerons f et qui ne doit pas être un multiple du pas de la vis, est mesurée au moyen de la vis, en différentes parties de son contour, avec cette condition, que les points de départ soient distribués uniformément sur la circonférence de la vis et, par conséquent aussi, sur celle du tambour. Pour que la recherche soit possible, il faut donc que la longueur à mesurer se laisse déplacer dans la direction de l'axe de la vis, et que sa mesure puisse commencer exactement en un point quelconque du tambour. En nommant u le point de la division du tambour d'où l'on part, et u' le point du tambour où la mesure s'arrête, $u'—u$ s'accorderait toujours avec f si la vis était exempte d'erreurs périodiques, et, en général, on aura:

$$f = u' - u + \alpha\,(Cos.\, u' - Cos.\, u) + \beta\,(Sin.\, u' - Sin.\, u)$$
$$+ \alpha'\,(Cos.\, 2\,u' - Cos.\, 2\,u) + \beta'\,(Sin.\, 2\,u' - Sin.\, 2\,u) \,..\, (2)$$

Si les points de départ sont nombreux et répartis uniformément sur la circonférence du tambour, la moyenne de tous les résultats obtenus pour $u' - u$ devra s'accorder, à très peu près, avec f, et, comme les quantités α, β, α' et β' sont fort petites, on pourra remplacer dans leurs coefficients $u' - u$ par f. D'après cela, on peut écrire dans l'équation précédente $Cos.\,(u + f)$, $Sin.\,(u + f)$ etc. au lieu de $Cos.\, u'$, $Sin.\, u'$ etc., ce qui change cette équation en celle-ci:

$$u' - u - f = 2\,\alpha\, Sin.\, \tfrac{1}{2}\, f\, Sin.(u + \tfrac{1}{2} f) - 2\,\beta\, Sin.\, \tfrac{1}{2}\, f\, Cos.(u + \tfrac{1}{2} f)$$
$$+ 2\,\alpha'\, Sin.\, f\, Sin.\,(2\,u + f) - 2\,\beta'\, Sin.\, f\, Cos.\,(2\,u + f) \ldots (3)$$

Chaque mesure de la grandeur f, prise à partir d'un point déterminé du tambour, donne une pareille équation entre les inconnues α, β, α' et β'. En multipliant les points de départ et, par suite, les mesures, on obtiendra donc entre les quatre inconnues un grand nombre d'équations, qui devront être résolues par la méthode des moindres carrés. Comme, dans toutes les équations, le coefficient de α contient le facteur constant $2\, Sin.\, \tfrac{1}{2}\, f$, on obtient, d'après ladite methode, l'équation finale pour la détermination de α, en multipliant chacune des équations données par la valeur de $Sin.\,(u + \tfrac{1}{2}\, f)$ qu'elle renferme, et additionnant les résultats. De même on trouve l'équation finale pour β, en multipliant par $Cos.\,(u + \tfrac{1}{2}\, f)$; celle pour α', en multipliant par $Sin.\,(2\,u + f)$, et celle pour β', en multipliant par $Cos.\,(2\,u + f)$. Si les points de départ des mesures sont distribués régulièrement sur la circonférence du tambour, les coefficients des inconnues, dans les équations finales, deviennent des fonctions périodiques, et, en vertu des propriétés de ces fonctions, lesdites équations finales prennent une forme extrêmement simple. Posant, pour abréger:

$$\Sigma\, Sin.\, a = Sin.\, a + Sin.\,(a + b) + Sin.\,(a + 2\,b) \ldots Sin.\,(a + nb);$$
$$\Sigma\, Cos.\, a = Cos.\, a + Cos.\,(a + b) + Cos.\,(a + 2\,b) \,..\, Cos.\,(a + nb);$$
$$\Sigma\, Sin.\, 2a = Sin.\, 2a + Sin.(2a + 2b) + Sin.\,(2a + 4b) \,..\, Sin.\,(2a + 2nb);$$

etc., etc.,

alors, dans la supposition que $(n + 1)\ b$ soit exactement la circonférence entière du cercle ou un multiple de cette circonférence, on a pour toutes les valeurs de a et de b les formules connues:

$$\Sigma\ Sin.\ a = 0 \text{ et } \Sigma\ Cos.\ a = 0.$$

De ces formules on déduit facilement les suivantes:

$$\begin{array}{ll}
\Sigma\ Sin.\ 2\ a = 0 & \Sigma\ Cos.\ 2\ a = 0 \\
\Sigma\ Sin.^2\ a = \tfrac{1}{2}\ (n + 1) & \Sigma\ Cos.^2\ a = \tfrac{1}{2}\ (n + 1) \\
\Sigma\ Sin. a\ Cos.\ a = 0 & \Sigma\ Cos.\ a\ Sin. 2\ a = 0 \\
\Sigma\ Sin. a Sin. 2a = 0 & \Sigma\ Cos.\ a\ Cos. 2\ a = 0 \\
\Sigma\ Sin. a Cos. 2a = 0 & \Sigma\ Cos. 2a\ Sin. 2a = 0
\end{array}$$

Lorsque les points de départ des mesures sont distribués uniformément sur le contour du tambour, les valeurs successives de $u + \frac{1}{2}\ f$ et de $2\ u + f$ s'accordent entièrement avec celles des arcs $a,\ a + b,\ a + 2\ b \ldots\ldots a + n\ b$ et $2\ a,\ 2\ a + 2\ b,\ 2\ a + 4\ b \ldots\ldots 2\ a + 2\ n\ b$. En faisant usage, dans cette hypothèse, des formules ci-dessus, les équations finales pour la détermination des inconnues se réduisent facilement aux formes extrêmement simples que voici:

$$\left.\begin{array}{l}
(n + 1)\ \alpha\ Sin. \tfrac{1}{2} f = \Sigma\ (u' - u - f)\ Sin.\ (u + \tfrac{1}{2} f) \\
(n + 1)\ \beta\ Sin. \tfrac{1}{2} f = -\Sigma (u' - u - f)\ Cos.\ (u + \tfrac{1}{2} f) \\
(n + 1)\ \alpha'\ Sin.\ f = \Sigma\ (u' - u - f)\ Sin.\ (2u + f) \\
(n + 1)\ \beta'\ Sin.\ f = -\Sigma (u' - u - f)\ Cos.\ (2u + f)
\end{array}\right\} \ldots\ldots (4)$$

où $n + 1$ représente le nombre des points de départ des mesures, lesquels, comme il a été dit, doivent être répartis uniformément sur la circonférence du tambour.

Bessel a donné les équations finales précédentes sans démonstration, et chez lui on trouve, au lieu du coefficient $n + 1$, le nombre 10, parce qu'il avait adopté 10 points de départ, qui, le tambour étant divisé en 100 parties égales, étaient distants l'un de l'autre de 10 de ces parties, c'est-à-dire de 36°. Bessel prit, pour la longueur f, deux valeurs différentes, l'une d'environ 50, l'autre d'environ 26 des parties en question. L'examen par la première valeur de f laissa les grandeurs α' et β' à peu près indéterminées. L'examen par la seconde valeur de f donna les

grandeurs α, β, α' et β' à peu près avec le même degré d'exactitude pour toutes. Les équations finales (4) font voir immédiatement que les quatre inconnues s'obtiennent précisément avec la même exactitude, quand on choisit pour f une valeur égale au tiers de la distance mutuelle des filets de la vis. On peut aussi prendre pour f des valeurs très différentes, afin d'augmenter le nombre des équations primitives. Si alors, pour chaque valeur de f, on observe la règle que les points de départ des mesures doivent être distribués uniformément sur la circonférence du tambour, les équations finales se déduisent, de l'ensemble des équations données, par la même méthode simple que précédemment, mais les premiers membres de ces équations finales sont changés dans ce cas. En nommant f, f', f'' ... les valeurs adoptées pour f, et m leur nombre, les premiers membres en question deviennent:

$$m\ (n + 1)\ \alpha\ (Sin.\ \tfrac{1}{2} f + Sin.\ \tfrac{1}{2} f' + Sin.\ \tfrac{1}{2} f' + \text{etc.})$$
$$m\ (n + 1)\ \beta\ (Sin.\ \tfrac{1}{2} f + Sin.\ \tfrac{1}{2} f' + Sin.\ \tfrac{1}{2} f'' + \text{etc.})$$
$$m\ (n + 1)\ \alpha'\ (Sin.\ f + Sin.\ f' + Sin.\ f'' + \text{etc.})$$
$$m\ (n + 1)\ \beta'\ (Sin.\ f + Sin.\ f' + Sin.\ f'' + \text{etc.})$$

On atteint ainsi le but que se proposait Pape [1]), mais, à ce qu'il me semble, on l'atteint d'une manière plus simple.

Bessel avait déjà déterminé les erreurs périodiques de plusieurs vis, lorsqu'il fit la remarque que l'influence de ces erreurs disparaît dans une combinaison de mesures bien ordonnées. Si l'on mesure une même grandeur à différentes reprises, en partant de points distribués uniformément sur la circonférence du tambour, la moyenne des résultats obtenus sera affranchie de l'influence des erreurs périodiques. C'est ce qu'on voit immédiatement dans la formule (3), quand on a égard aux propriétés des fonctions périodiques. Lorsqu'on se borne à deux points de départ, qui alors, naturellement, doivent se trouver exactement opposés l'un à l'autre sur la circonférence du tambour, il n'y a que les termes contenant α et β qui disparaissent de la moyenne des deux résultats; pour faire disparaître également les termes qui

---

[1]) *Astron. Nachr.*, T. L, p. 337.

renferment α' et β', il faudra partir au moins de trois points, éloignés l'un de l'autre de 120°. Une combinaison judicieuse de trois mesures seulement, suffit donc pour éliminer entièrement les quatre termes de notre fonction périodique. Il est facile de se convaincre que des termes supérieurs de la fonction périodique peuvent aussi être compensés, par une réunion convenable de quatre ou de cinq mesures. Si l'on désigne par α'' et β'' les coefficients des termes qui, dans la formule primitive (1), renferment *Cos.* 3 u et *Sin.* 3·u, alors, dans la formule (3), ces termes deviennent:

$$+ 2\,\alpha''\,Sin.\,(3\,u + 1\tfrac{1}{2}\,f)\,Sin.\,1\tfrac{1}{2}\,f + 2\,\beta''\,Cos.\,(3\,u + 1\tfrac{1}{2}\,f)\,Sin.\,\tfrac{1}{2}\,f.$$

Si maintenant l'on prend pour u quatre points, répartis uniformément à la circonférence du tambour et éloignés par conséquent de 90° l'un de l'autre, les quatre valeurs correspondantes de $3u$ différeront également de 90° entre elles. La somme des termes qui contiennent α'' et β'' devient alors nulle à son tour, et de la moyenne des quatre mesures convenablement ordonnées disparaît aussi l'influence des termes renfermant *Sin.* $3u$ et *Cos.* $3u$. On montrerait de même, sans peine, que les termes où entrent *Sin.* $4u$ et *Cos.* $4u$ se détruisent également, quand on prend la moyenne de cinq mesures ayant pour points de départ cinq points uniformément espacés sur la circonférence.

Il est d'usage de répéter les mesures concernant un même objet, afin d'obtenir un résultat final aussi indépendant que possible des erreurs accidentelles. C'est ainsi, par exemple, que j'ai l'habitude de toujours mesurer une étoile double cinq fois de suite, et de répéter ces mesures au moins cinq fois, à des jours différents. Avec la disposition ordinaire du micromètre à fils, il est très facile de commencer la mesure de la distance chaque fois en un point arbitraire de la circonférence du tambour. Si alors, en supposant le tambour divisé en 100 parties égales, on prend successivement, aux cinq jours différents, les points de départ 0, 20, 40, 60 et 80, la moyenne des résultats obtenus sera débarrassée de l'influence de tous les termes de la fonction périodique, jusqu'à ceux qui contiennent *Sin.* $4u$ et *Cos.* $4u$,

inclusivement. On voit que, par une semblable coordination des mesures, on approche beaucoup plus de la vérité qu'en conservant le point de départ et portant en compte, à l'exemple de Bessel, les erreurs périodiques préalablement déterminées. Malheureusement, il arrive dans beaucoup de cas que, soit les circonstances, soit la construction du micromètre s'opposent à ce que la mesure procède d'un point arbitraire du contour de la vis. Les microscopes de lecture des cercles astronomiques ne le permettent presque jamais, et même le micromètre à double image de M. Airy, construit par M. Simms, ne s'y prête en aucune façon, ce que je dois regarder comme un défaut capital de cet instrument.

La valeur absolue des erreurs périodiques d'une vis micrométrique, en différents points de son contour, peut être déterminée de la même manière que les erreurs de graduation d'un cercle. Comme M. le Dr. N. M. Kam a traité ce sujet avec détail, dans sa remarquable dissertation inaugurale [1]), je m'abstiendrai d'en parler ici.

Depuis bien des années déjà, il m'a paru qu'une couple de particularités importantes, relatives aux vis micrométriques, ont été constamment négligées, même par ceux qui déterminaient avec beaucoup de soin les erreurs de ces vis. La vis micrométrique se termine toujours d'un côté en pyramide tronquée. Sur cette pyramide tronquée se place une tête de vis, qu'on serre ensuite fortement au moyen d'un écrou. Entre la tête de vis et un anneau faisant corps avec la vis, se trouve le tambour, assujéti, par un ressort interposé, de telle sorte qu'il soit facile de le tourner sur la vis et de faire correspondre son zéro avec un point quelconque de la circonférence de cette vis. Lorsque le micromètre est pourvu d'une échelle avec index, destinée à la lécture des rotations entières, le tambour doit être mis sur zéro au moment où l'index répond exactement à l'une des divisions de l'échelle, après quoi l'on s'abstient avec soin d'y toucher davantage. Le micromètre a besoin d'être nettoyé de temps en temps; pour cela, il

[1]) *Academisch proefschrift, over de fouten in de verdeeling der cirkels van sterrekundige werktuigen, enz.*, par N. M. Kam, Leyde, 1863, p. 34 et suiv.

faut le démonter, et si, après l'avoir réajusté, on ne fait pas tomber le zéro du tambour précisément sur le point de la circonférence de la vis qu'il occupait auparavant, les erreurs périodiques, pour les mêmes indications du tambour, seront devenues autres que précédemment, la détermination antérieure de ces erreurs ne pourra plus servir, et ces erreurs ne seront plus compensées par des mesures exécutées en partie avant et en partie après le démontage. Lors même qu'au moyen de l'échelle, le tambour de la vis peut être orienté avec une précision suffisante, on n'a pourtant pas la certitude que le zéro du tambonr a repris sa position exacte par rapport à la circonférence de la vis; car la vis doit se déplacer en entier, si la surface contre laquelle elle appuie ne peut chaque fois être ramenée rigoureusement à sa position initiale, ou si elle est plus ou moins creusée par usure. D'ailleurs, les microscopes de lecture des petits instruments manquent tout à fait d'échelle, et ceux des grands instruments n'ont qu'un petit peigne, dont les dents permettent bien de compter les rotations entières, mais ne donnent nullement le moyen de fixer avec rigueur le zéro du tambour et fournissent des indications différentes après chaque renouvellement des fils du micromètre. Je n'ai pu découvrir que des mesures aient jamais été prises pour conserver le zéro du tambour; néanmoins, dans les instruments à ma disposition, j'ai cru nécessaire de veiller à ce point. On n'a que rarement besoin de détacher la tête de la vis de sa pyramide; mais, quand cela a dû avoir lieu, et que la tête est de nouveau serrée avec force sur cette pyramide, elle doit reprendre exactement sa position primitive par rapport à la vis. Sur chacune des vis micrométriques de notre observatoire j'ai fait, à la circonférence de la tête de vis, une marque correspondant exactement avec le zéro du tambour, en faisant usage pour cela d'un petit capuchon, qui se laisse appliquer sur la tête de vis et le tambour, et auquel on a pratiqué à la lime des entailles dont les bords rectilignes servent de repérès. A l'aide de ce capuchon, le zéro du tambour peut, à chaque instant, être contrôlé et, en cas de besoin, ramené à sa position première par rapport à la circonférence de la vis.

Une autre observation à laquelle donnent lieu les vis micrométriques, est relative à l'origine de leurs erreurs périodiques. Ces erreurs sont toujours considérées comme résultant de la circonstance que les filets de la vis, développés sur un plan, ne forment pas des lignes droites; mais il est clair qu'elles peuvent aussi découler d'une tout autre source. Dans beaucoup de micromètres l'une des extrémités de la vis, arrondie en demi-sphère, appuie sur une plaque en acier ou en pierre, contre laquelle elle est pressée par l'action d'un ressort. Si le point par lequel la vis appuie contre la plaque est situé exactement dans l'axe de la vis, celle-ci n'éprouvera pendant sa rotation aucun déplacement longitudinal, quelle que soit d'ailleurs la disposition de la plaque. Si le point en question n'est pas rigoureusement dans l'axe, il décrira un cercle quand on fera tourner la vis, et ce défaut restera encore sans inconvénient, à condition que la plaque soit parfaitement plane et dirigée perpendiculairement à l'axe de la vis. Mais si, simultanément, la surface de la plaque n'est pas perpendiculaire à l'axe de la vis, ou si elle n'est pas absolument plane, la vis, en tournant, subira un déplacement non indiqué par le tambour, et il naîtra une erreur périodique qui prendra des valeurs tout à fait différentes quand, à la suite d'un nettoyage de l'appareil, la plaque ne sera pas remise précisément dans sa position première. Lorsque, comme dans les microscopes de lecture, la vis repose, par un anneau qui s'y trouve fixé, sur le bord d'une ouverture percée dans une plaque métallique, il se produit également une erreur périodique de la vis, dans le cas où ce bord n'est pas exactement plan ou pas exactement perpendiculaire à l'axe de la vis. J'ai eu dernièrement une occasion remarquable de reconnaître que la cause qui vient d'être signalée peut donner lieu à une erreur périodique énorme, même dans un micromètre provenant d'un atelier universellement renommé. Comme ce résultat de mon expérience personnelle peut être instructif pour d'autres, je me crois autorisé à en faire part.

Le nouvel observatoire de Leyde a reçu les instruments de l'ancien observatoire, et a été pourvu en outre d'un cercle méri-

dien et d'une lunette d'une ouverture de 7 pouces de Paris. J'avais désiré cette lunette, afin d'avoir un instrument spécialement consacré à l'exécution des mesures délicates, et qui permît de laisser l'ancienne lunette, d'une ouverture de 6 pouces de Paris, exclusivement affectée à la détermination des positions relatives des planètes et des comètes. Si je me bornai, tout d'abord, à demander pour le nouvel établissement une lunette beaucoup plus petite que celles dont on fait usage ailleurs pour les mesures délicates, c'était simplement parce que la construction d'un observatoire près de notre université avait été longtemps ajournée, à cause de la dépense, et que, pour ce motif je crus devoir réduire mes prétentions autant que possible, aussi bien par rapport aux instruments que par rapport à l'édifice [1]). La lunette fut demandée au célèbre Institut optique de Munich, fondé par Fraunhofer et présentement dans les mains de MM. G. Merz et fils. J'ai entendu un jour un grand astronome manifester sa surprise de ce que je n'étais pas entièrement satisfait du nouvel instrument; mais j'avais pour cela des raisons bien suffisantes, car les perfectionnements convenus n'avaient été réalisés qu'en partie, et, en outre, sans me consulter, on avait apporté à l'ancienne construction du micromètre des modifications que je devais désapprouver formellement.

Toute lunette d'une certaine grandeur, fournie par l'Institut optique, est accompagnée d'un micromètre à fils, et la disposition de l'instrument tout entier est calculée en vue de l'emploi de cet appareil. Le micromètre à fils se laisse toutefois dévisser du tuyau de la lunette, pour être remplacé par un tube oculaire ordinaire ou par un autre micromètre. L'ancienne lunette, de moindres dimensions, est aussi armée d'un micromètre à fils, avec lequel j'ai accompli, dans les années antérieures, des milliers de mesures, et dont MM. Kam et Hennekeler font encore

[1]) Les principes sur lesquels étaient basées mes propositions concernant le nouvel observatoire ont été développés dans un écrit intitulé: *De inrigting der sterrewachten, naar de sterrewacht op den heuvel Pulkowa en het ontwerp eener sterrewacht voor de hoogeschool te Leiden;* Leyde, A. W. Sijthoff, 1854.



journellement un usage assidu pour la détermination de la position relative des planètes et des comètes. Ce micromètre à fils de la lunette de 6 pouces, construit d'après le système de Fraunhofer, a été décrit et figuré par moi, avec détails, il y a déjà vingt-cinq ans [1]). Dans cet appareil, la graduation du cercle de position se trouvait sur la face tournée, lors des mesures, vers l'œil de l'observateur, de sorte que l'indication du cercle pouvait toujours être lue sans difficulté. Dans le nouveau micromètre, les divisions du cercle avaient été tracées sur sa tranche, ce qui avait pour résultat que, dans beaucoup de positions de l'instrument, la lecture ne pouvait être effectuée sans que l'observateur quittât chaque fois le siége où il avait dû prendre les attitudes les plus fatigantes pour l'exécution de son travail. Souvent même, il fallait changer complétement la position de la lunette, et, comme la lecture du cercle est une opération qui se répète cent fois et plus en une soirée, cet inconvénient rendait l'emploi du micromètre à peu près impossible. Dans l'ancien micromètre, les fils étaient éclairés par deux très petites lampes, que l'observateur avait à portée de sa main et dont le service ne causait jamais d'embarras. Dans la nouvelle lunette, l'éclairage des fils se faisait par des miroirs, placés à l'intérieur du micromètre, et par une lampe monstrueusement grande, d'une construction mal entendue, qu'il fallait attacher au tuyau de la lunette, qui se trouvait hors de l'atteinte de l'observateur et qui, en outre, projetait une fausse lueur intense sur le champ de la lunette. Dans l'ancien micromètre, j'avais moi-même réalisé l'éclairage du champ, à l'aide d'une des petites lampes dont j'ai parlé et d'un petit morceau de verre à glace, et cet appareil si simple a toujours parfaitement satisfait. Dans le nouveau micromètre, le champ devait être éclairé par la lampe monstrueuse dont il vient d'être question, laquelle lampe était fixée à une autre partie du tuyau de la lunette. L'emploi de cette grande lampe, si éloignée du tube oculaire, est extrêmement gênant. Quand on change la position de la lunette on ne peut

[1]) *Eerste metingen met den mikrometer, volbragt op het Observatorium van 's Rijks Hoogeschool te Leiden;* Leyde, H. W. Hazenberg et Comp., 1840.

éviter que l'huile ne se répande, et il y a telles positions pour lesquelles il est absolument impraticable de se servir de la lampe, de sorte qu'alors il faut renoncer à observer. Il n'y a rien d'extraordinaire à ce que de nouveaux instruments, dans un nouvel observatoire, aient besoin de subir d'importantes modifications avant d'être propres à l'usage auquel ils sont destinés; mais il n'est guère habituel qu'on ne possède pas les ressources nécessaires pour corriger ce qui est défectueux. A moi, ces ressources firent défaut, et le micromètre dut être mis de côté jusqu'à ce qu'elles me fussent accordées ou jusqu'à ce que moi-même, sans secours étranger, je fusse parvenu à exécuter les changements indispensables.

Depuis quelques années l'observatoire de Leyde est en possession d'un micromètre à double image d'Airy, construit par M. Simms de Londres. Avec cette adjonction très peu coûteuse, mais aussi très imparfaite, à la lunette de 6 pouces, j'entrepris, à partir de l'année 1856, alors que j'observais encore à l'ancien l'observatoire, de mesurer les corps principaux du système solaire [1]). Après l'achèvement du nouvel observatoire, ce micromètre fut adapté à la lunette de 7 pouces, et je poursuivis les mesures commencées, autant que mes autres fonctions le permettaient. Je reconnus bientôt que, à moins d'une étude excessivement minutieuse, le micromètre d'Airy ne pouvait donner l'exactitude nécessaire, et au moment où j'avais déjà, en vue de cette étude, réuni plusieurs milliers de mesures sur des petits disques de métal, ces disques, attachés dans l'ancien observatoire, disparurent, et, par suite, tout mon travail demeura infructueux. Il fallut beaucoup de temps avant que je pusse faire confectionner de nouveaux disques et trouver une place où ils fussent plus en sûreté que jadis, mais, enfin, j'y suis parvenu. J'ai maintenant recommencé l'étude en question, sans laquelle mes nombreuses mesures ne peuvent subir les réductions nécessaires, mais je suis entravé par les difficultés que je

---

[1]) *Eerste onderzoekingen met den mikrometer van Airy enz., uitgegeven door de Koninklijke Academie van Wetenschappen*, Amsterdam, C. G. van der Post, 1857.



rencontre dans la tentative de construire moi-même le comparateur dont j'ai besoin et pour l'acquisition duquel les ressources me manquent. Il y a quelques mois, l'idée me vint que la combinaison du micromètre d'Airy avec le micromètre à fils fournirait le moyen d'entreprendre une recherche qui n'était pas dénuée d'intérêt, et c'est en essayant de donner suite à cette idée, que je me suis trouvé en face de la particularité à laquelle j'ai emprunté le sujet de la présente communication.

On a exécuté des milliers de mesures sur les corps qui composent les étoiles dites doubles et multiples, mais, quelle que soit l'exactitude de ces mesures prises en elles-mêmes, elles sont loin de satisfaire aux exigences actuelles de l'astronomie. Les orbites de plusieurs étoiles doubles ont été calculées, mais la plupart des résultats obtenus sont encore très incertains [1]). On prétend que les mesures relatives aux étoiles doubles ne sont pas en opposition avec l'hypothèse que les corps, constituant ces astres, soient mus par la même force que les corps du système solaire; mais elles ne sont pas non plus incompatibles avec l'action de forces soumises à de tout autres lois que la force de gravitation universelle, et le grand problème de la nature de la force qui régit la matière dans les hautes régions du ciel, n'est pas encore parvenu à solution par les étoiles doubles. Lorsque la première grande lunette à micromètre, construite par Fraunhofer, eut été acquise pour l'observatoire de Dorpat, Struve résolut d'affecter ce bel instrument spécialement à l'étude des étoiles doubles, et ses mesures, étendues à trois mille de ces systèmes, sont au nombre des plus beaux travaux astronomiques dont le siècle actuel puisse se glorifier.

---

[1]) Comme preuve de cette vérité on peut citer, entre autres, que, d'après l'orbite calculée cette année, par M. Behrmann de Goettingue, pour l'étoile double δ du *Cygne*, la distance ne devrait plus s'élever, tout au plus, qu'à 0",4 (*Astr. Nachr.*, T. 64, p. 69), tandis que M. Dawes, dont les mesures se sont toujours distinguées par leur exactitude, a évalué cette distance, également dans la présente année, à 1",67 (*Astr. Nachr.*, T. 65, p. 253). Les mesures de M. Dawes s'accordent avec les observations récentes de MM. Dembowsky et Knott, et l'orbite trouvée par M. Behrmann satisfait aux mesures plus anciennes.

Bessel, à qui était destiné le grand héliomètre laissé inachevé par Fraunhofer, se proposait avec cet instrument un but différent de celui de Struve, mais ces deux hommes illustres convinrent de mettre la valeur de leurs mesures à l'épreuve par la détermination simultanée de quelques étoiles doubles [1]). Entre les résultats définitifs des deux astronomes il se manifesta une différence qui dépassait de beaucoup les erreurs accidentelles des mesures, et après que Struve [2]) et Bessel [3]), chacun de son côté, crurent avoir démontré que l'erreur ne leur était pas imputable, on cessa de s'occuper de ce singulier écart, comme s'il n'avait aucune signification pour l'astronomie. Ce n'est qu'environ trente ans plus tard que le sujet fut repris. M. Mädler, qui avait régulièrement continué la mesure des étoiles doubles à l'observatoire de Dorpat, entreprit en 1859, avec M. Auwers, à Koenigsberg, un travail commun, ayant pour objet de rechercher si, dans leurs mains, les instruments dont s'étaient servis Struve et Bessel conduiraient également à une différence appréciable. Pendant trois années, les mêmes étoiles doubles auxquelles s'étaient attachés Struve et Bessel furent mesurées, et il se manifesta une différence encore plus grande que celle qui avait dérouté ces deux grands astronomes [4]). On se contenta de l'explication que la cause de la divergence devait résider dans les instruments employés, mais il resta totalement indécis auquel des deux il fallait attribuer la faute. L'incertitude qui pesait déjà sur les mesures relatives aux étoiles doubles ne fut pas médiocrement accrue par suite de ce résultat.

Le micromètre d'Airy, même adapté à une bonne lunette, ne peut nullement être comparé à un héliomètre tel que celui de Koenigsberg; mais la méthode d'opérer est la même pour les deux appareils, et je pensai que le micromètre d'Airy, une fois ses

---

[1]) *Astr. Nachr.*, T. 10, p. 389.

[2]) W. G. F. Struve, *Mens. Micrometricae*, *Petropoli*, 1837, Intr. p. 142.

[3]) *Astr. Nachr.*, T. 15, p. 110; F. W. Bessel, *Astr. Unt.*, T. 1, p. 303.

[4]) *Beobachtungen der kaiserlichen Universitäts Sternwarte Dorpat*, *von* Dr. J. H. Mädler, T. XV, part. II, p. 30; et *Astr. Nachr.*, T. 59, p. 1.

erreurs déterminées, permettrait d'atteindre, aussi à l'égard des étoiles doubles, des résultats d'une très grande exactitude. Il n'était encore jamais arrivé que les mêmes étoiles doubles eussent été mesurées systématiquement, par le même observateur, au moyen de deux micromètres, dont l'un un micromètre à fils et l'autre fondé sur le principe des images doubles. Je me déterminai à entreprendre ce travail, non-seulement dans l'espoir de contribuer peut-être à l'explication de la divergence signalée, mais aussi parce qu'il me parut désirable que la comparaison mutuelle des deux instruments fût exécutée par moi personnellement. Tandis qu'une différence se manifestait entre les mesures de Struve et celles de tous les autres observateurs, dont la plupart avaient fait usage d'instruments de moindres dimensions, mes propres mesures, au moins celles des premières séries, s'accordaient à peu près parfaitement avec celles de Struve, bien que l'instrument dont je me fusse servi appartînt aux plus petits de son espèce. Mes mesures postérieures n'ont pas été scrutées sévèrement, mais de leur comparaison avec les premières il résulte pourtant que je suis resté semblable à moi-même. Me trouvant ainsi, par rapport aux mesures avec le micromètre à fils, seul à côté de Struve, je jugeai qu'il y aurait de l'intérêt à constater si, dans mes mains, un micromètre à double image donnerait, oui ou non, d'autres résultats que le micromètre à fils. Il a fallu trois années à Bessel et à Struve pour comparer les produits de leurs instruments, et un temps tout aussi long a été nécessaire à MM. Mädler et Auwers; évidemment, ce ne sera donc pas en un petit nombre de mois que je viendrai à bout d'un travail où j'aurai à accomplir seul les mesures avec les deux instruments. Au printemps de cette année j'ai commencé mes mesures sur les étoiles doubles avec le micromètre d'Airy, et 24 de ces systèmes ont déjà été mesurés ainsi un grand nombre de fois. Mon dessein était de substituer sur la lunette le micromètre à fils au micromètre d'Airy, aussitôt que les observations relatives aux planètes le permettraient, et de mesurer dans la suite, autant que possible, les mêmes étoiles doubles alternativement avec l'un et avec l'autre mi-

cromètre; mais, préalablement, il s'agissait d'apporter au micromètre à fils des modifications qui rendissent les mesures avec cet appareil praticables. A cet effet, je disposai au-dessus de chacun des verniers du cercle de position une petite caisse en tôle de cuivre, dans laquelle étaient placés deux petits miroirs et dont le couvercle était garni d'une lentille grossissante. Les petites caisses furent fixées à l'appareil au moyen des vis qui portent les verniers, de sorte que le micromètre peut être remis, en un instant, dans son état primitif. A travers les verres grossissants, les divisions sur la tranche du cercle, réfléchies dans les deux miroirs, se voient exactement comme si elles étaient tracées dans le plan du cercle, et par là la plus grande difficulté se trouvait levée. Afin de rendre inutile, pour l'éclairage du champ, l'emploi de la lampe monstre, j'essayai de retirer du tuyau de la lunette le grand anneau métallique qui devait réfléchir la lumière vers l'œil; mais je reconnus que cela ne pourrait se faire sans risquer d'endommager le tuyau. Je laissai donc l'anneau en place, mais fixai à l'intérieur du tuyau de la lunette, dans une position oblique, un petit morceau de verre à glace. Je tournai un anneau en bois s'adaptant exactement dans le tube ou aurait dû entrer la grande lampe, et dans ce tube je pratiquai une ouverture suffisante, tout juste, pour admettre une des petites lanternes du micromètre de l'ancienne lunette, lanterne dont on pouvait se passer dans l'emploi de cet instrument. J'obtins ainsi, avec la plus petite lampe qu'on pût construire, un éclairage du champ infiniment meilleur qu'autrefois, et mes mesures avec le micromètre à fils purent commencer sans nouvelles entraves, si ce n'est qu'il me fut impossible de trouver des fils d'araignée aussi fins que je l'aurais désiré.

Lorsque j'eus exécuté, avec le nouveau micromètre à fils, un assez grand nombre de mesures sur les étoiles doubles, je découvris un phénomène de nature à me mettre dans une perplexité et une inquiétude extrêmes. Pour faire connaître ce phénomène, je donne ci-dessous les résultats obtenus à l'égard de quatre des étoiles doubles les plus remarquables.

MESURES RELATIVES à *p* OPHIUCHI.

Date.	Date en fractions de l'année.	Distance en parties de la vis.	Point de coïncidence	Angle de position.
1865. Sept. 1	1865, 67	25,78	27,78	—
2	1865, 67	25,89	30,00	100°,72
4	1865, 67	25,12	30,25	100,56
4	1865, 67	23,83	30,50	101,25
5	1865, 68	25,78	30,75	100,58
6	1865, 68	26,25	31,00	100,28
7	1865, 68	26,45	31,00	99,92
7	1865, 68	24,91	30,75	99,02
8	1865, 69	25,50	30,75	99,33
8	1865, 69	26,35	31,00	99,90
8	1865, 69	26,41	30,84	—
9	1865, 69	26,14	30,12	99,16
11	1865, 69	26,70	31,00	100,48
11	1865, 69	24,78	31,23	—
Moyenne . . .	1865, 68	25,70		100°,11

MESURES RELATIVES à ζ CORONAE.

Date.	Date en fractions de l'année.	Distance en parties de la vis.	Point de coïncidence	Angle de position.
1865. Sept. 7	1865, 68	28,82	30,74	302°,84
9	1865, 69	29,59	30,13	303,52
9	1865, 69	27,91	30,50	302,92
11	1865, 69	27,06	31,50	303,30
11	1865, 69	28,06	31,77	302,02
12	1865, 70	31,09	30,01	301,81
12	1865, 70	27,12	29,50	304,11
14	1865, 70	26,99	29,50	303,57
14	1865, 70	30,05	30,00	—
Moyenne . . .	1865, 69	28,52		303°,01

MESURES RELATIVES à α HERCULIS.

Date.	Date en fractions de l'année.	Distance en parties de la vis.	Point de coïncidence	Angle de position.
1865. Sept. 6	1865, 68	23,49	31,00	115°,22
6	1865, 68	23,63	31,00	116,58
7	1865, 68	21,69	30,75	116,46
8	1865, 69	23,03	30,84	114,86
8	1865, 69	22,05	30,24	115,22
9	1865, 69	22,88	30,12	114,16
11	1865, 69	22,78	31,25	114,72
12	1865, 70	24,00	30,01	114,80
12	1865, 70	19,64	29,50	116,83
12	1865, 70	23,58	30,01	—
14	1865, 70	20,82	29,50	115,43
14	1865, 70	23,99	30,01	—
Moyenne . . .	1865, 69	22,74		115°,43

MESURES RELATIVES à 100 HERCULIS.

Date.	Date. en fractions de l'année.	Distance en parties de la vis.	Point de coïncidence	Angle de position.
1865. Sept. 4	1865, 67	67,89	30,50	3°,78
5	1865, 68	66,35	30,78	3,70
6	1865, 68	65,83	31,00	3,08
7	1865, 68	67,13	30,74	3,62
8	1865, 69	66,81	30,12	3,52
11	1865, 69	67,77	31,76	3,60
12	1865, 70	65,66	30,00	3,17
14	1865, 70	64,70	30,00	3,39
14	1865, 70	67,87	29,50	—
Moyenne . . .	1865, 69	66,67		3°,48

Pour ce qui regarde les distances, chacun des résultats ci-dessus repose sur cinq mesures doubles, par conséquent sur dix lectures, et quant aux angles de position, chaque résultat est la moyenne de cinq déterminations particulières. A cause de l'état agité de l'atmosphère, au commencement du mois de septembre, les mesures furent multipliées plus que cela ne m'eût paru nécessaire en l'absence de cette circonstance. La valeur d'un tour entier de la vis est de 20″,715, par conséquent celle de chacune des parties de la vis, de 0″,20715.

Il suffit de jeter les yeux sur les tableaux précédents, pour remarquer d'énormes différences entre les résultats obtenus, relativement à la distance, pour une même étoile double. Ces différences atteignent 3 à 4½ parties de la vis, c'est-à-dire 0″,6 à 0″,9. Jamais, même dans mes premières observations avec l'ancien micromètre, je n'avais rencontré de pareilles différences, et je crus d'abord que, en avançant en âge, j'avais perdu entièrement l'aptitude pour l'exécution des mesures délicates. Mais une comparaison attentive des résultats qui se rapportaient aux points du tambour d'où j'étais parti dans les différentes mesures, ne tarda pas à mettre en suspicion le micromètre lui-même. J'avais bien changé de temps en temps le point de coïncidence, le point

marqué par l'échelle et la vis lorsque les fils se confondent, mais, à l'exemple d'autres observateurs, je n'avais suivi dans ces changements aucun système déterminé. Les points de départ, qu'on obtient en retranchant des points de coïncidence, exprimés dans les tableaux par l'indication de l'échelle et de la vis, la valeur trouvée pour la distance, n'étaient pas distribués uniformément sur la circonférence du tambour, mais ils étaient pourtant assez distincts pour permettre un examen spécial. Je reconnus bientôt que mes mesures pouvaient être ramenées à un fort bel accord, en attribuant à la vis du micromètre des erreurs périodiques très considérables, environ de la valeur suivante:

Lecture	0	25	50	75	100	parties
Erreur	0	— 2	0	+ 2	0	„

Je conçus et exécutai à la hâte un appareil qui me mit en état de faire une étude au moins provisoire de la vis du micromètre, et, dès le 17 Septembre, j'avais obtenu pour ses erreurs les résultats suivants:

Lecture	0	25	50	75	100	parties
Erreur	0	— 2,5	— 0,1	+ 1,3	0	„

Le mot de l'énigme était ainsi trouvé. La vis du micromètre, sortie du célèbre Institut optique, présentait des erreurs périodiques aussi fortes que si elle avait été fabriquée par un artisan ordinaire.

Après cette découverte, la moyenne arithmétique de tous les résultats obtenus ne pouvait plus être considérée comme le résultat final le plus exact. Il fallait combiner en un seul résultat les mesures se rapportant à un même point de coïncidence, puis prendre la moyenne des résultats ainsi trouvés. J'avais mesuré la même étoile double, avec le même point de coïncidence, tantôt à diverses reprises, tantôt une seule fois; il se trouvait maintenant que j'aurais pu obtenir, avec beaucoup moins de mesures, un résultat définitif d'une exactitude à peu près égale. La combinaison en question donne ce qui suit:

p. *Ophiuchi.*

Coïncid.	Dist.	Moyenne.
30,00	25,89	
31,00	26,25	
31,00	26,45	26,33
31,00	26,36	
31,00	26,76	
30,13	26,14	26,14
30,24	25,12	25,12
30,49	23,83	23,83
27,68	25,78	25,78
30,75	25,78	
30,74	24,91	25,24
30,74	25,50	
30,72	24,78	
30,84	26,41	26,41
Moyenne	25,70	25,67

ζ. *Coronae.*

Coïncid.	Dist.	Moyenne.
30,00	31,09	30,57
30,30	30,05	
31,13	29,59	29,59
30,50	27,91	
31,50	27,06	27,27
29,50	27,12	
29,50	26,99	
30,74	28,82	28,44
31,77	28,06	
Moyenne	28,52	28,97

α. *Herculis.*

Coïncid.	Dist.	Moyenne.
31,00	23,49	
31,00	23,63	
31,00	24,06	23,79
30,01	24,00	
30,01	23,58	
30,02	23,99	
30,12	22,88	22,88
30,24	22,05	22,41
30,25	22,78	
29,50	19,64	20,23
29,50	20,82	
30,75	21,69	21,69
30,84	23,03	23,03
Moyenne	22,74	22,34

100 *Herculis.*

Coïncid.	Dist.	Moyenne.
31,00	65,83	
30,00	65,66	65,40
30,00	64,70	
30,12	66,81	66,81
30,50	67,89	67,88
29,50	67,87	
30,78	66,35	
30,74	67,13	67,08
30,76	66,77	
Moyenne	66,67	66,79

On voit que, en dépit des fréquents changements du point de coïncidence, j'aurais encore commis, pour certaines étoiles doubles, une erreur d'environ 0″,1, en prenant la moyenne de tous les résultats, et que l'erreur de mes résultats définitifs, malgré leur accord en apparence très satisfaisant, eût pu s'élever à environ une demi-seconde si j'avais conservé le même point de coïncidence. Cela montre à quelles erreurs on s'expose en se confiant dans la perfection des instruments.

Comme il me paraissait invraisemblable qu'une vis de l'Institut optique fût, en elle-même, aussi foncièrement mauvaise, je cherchai la cause de ses erreurs périodiques considérables, et la trouvai tout d'abord là où j'avais commencé par la chercher, savoir dans le point d'appui. La vis repose par une de ses extrémités contre la base d'un cylindre en pierre, qui est enchâssé dans une cavité pratiquée dans le cuivre et s'y trouve assujéti par une petite plaque évidée au centre et par deux vis. Du côté du tambour, la vis porte un collet, sur lequel appuie une petite tige qui, par son ressort, doit presser la vis contre le cylindre en pierre. Dans le nouveau micromètre, cette tige est beaucoup trop épaisse, de sorte qu'elle possède trop peu d'élasticité et que le mouvement de la vis est toujours, ou trop doux, ou trop dur. Dès l'origine, je m'étais aperçu que le micromètre avait le grave défaut qu'on sentait, à chaque tour de la vis, son mouvement devenir alternativement plus facile et plus gêné; plus tard, il fut démontré que ce défaut provenait de la même source que les grandes erreurs périodiques. Je démontai entièrement l'appareil et examinai attentivement chacune de ses parties. A l'extrémité de la vis, là où elle repose contre le cylindre en pierre, je ne pus découvrir aucune trace d'usure, et, à l'œil, il ne me parut pas non plus que le point d'appui fût situé en dehors de l'axe de la vis. En revanche, je vis immédiatement que le cylindre était placé obliquement dans sa cavité, et sur sa base, qui aurait dû être perpendiculaire à l'axe de la vis, je remarquai, en dehors du centre de l'ouverture de la plaque de recouvrement, une inégalité qui ne pouvait guère être un effet d'usure. Ayant dévissé la plaque de recouvrement,

je reconnus que le cylindre vacillait dans sa cavité et pouvait y prendre des positions diverses. Je tournai le cylindre, de manière à ce que l'inégalité découverte sur sa base, si elle avait été primitivement trop rapprochée du point d'appui de la vis, dût maintenant s'en éloigner davantage, et en même temps je rendis la base du cylindre, aussi exactement que possible, perpendiculaire à l'axe de la vis. Après avoir assemblé l'appareil, je déterminai de nouveau l'erreur périodique de la vis, et la trouvai totalement changée et notablement réduite.

L'examen d'une vis est toujours un travail qui prend beaucoup de temps, et il peut, en outre, offrir de sérieuses difficultés quand on doit se passer de tous les accessoires affectés à cet examen, tels que Baumann les construisit pour Bessel et, à Leipzig, Leyser pour Engelmann. Cette communication deviendrait trop étendue si je voulais faire connaître ici de quelle manière M. le Dr. Kam a déterminé les erreurs des neuf vis du cercle méridien, ou comment j'ai examiné moi-même la vis du micromètre d'Airy, bien que cet instrument parût rendre impossible une pareille étude. Je veux pourtant rapporter succinctement de quelle manière je m'y suis pris avec la vis du nouveau micromètre à fils, cette information pouvant avoir son utilité pour l'un ou l'autre de mes lecteurs. Depuis longtemps forcément exercé dans l'art de se tirer d'affaire, je construis moi-même, — de pièces empruntées à d'autres instruments et assemblées à l'aide de petits morceaux de bois ou de métal, parfois avec de la colle, — les appareils accessoires qui me sont indispensables; c'est encore ainsi que j'ai procédé pour l'examen de la vis du nouveau micromètre. J'avais à ma disposition une forte planche en chêne, sur laquelle quatre bras en cuivre maintenaient, dans une position perpendiculaire, un tube susceptible de recevoir un microscope de Lerebours. Je perçai cette planche d'une ouverture, sous le microscope, l'exhaussai sur quatre pieds en bois, et disposai sous l'ouverture un petit miroir plan, mobile autour de deux axes en bois et par lequel la lumière du jour pouvait être réfléchie dans le microscope. Au moyen de coins en bois le micromètre fut fixé sur la planche, sous le microscope, et comme je ne

pus me procurer une petite échelle à fines pointes mobiles, telle que Baumann en avait construit une pour Bessel, je pris pour objet, destiné à être mesuré sur différentes parties de la vis, un millimètre divisé sur verre en cent parties égales, lequel avait été construit, il y a environ trente ans, par M. E. Wenckebach.

Le micromètre a trois plaques, qui peuvent glisser l'une sur l'autre. L'inférieure porte un fil, qui se laisse déplacer avec la plaque, uniquement afin que la même grandeur sur la voûte céleste puisse être mesurée en différentes parties de la vis. La seconde plaque est pourvue de deux fils, perpendiculaires entre eux, et est mue par la vis micrométrique proprement dite, de sorte que c'est avec elle que s'exécutent les mesures. La troisième plaque porte le tube oculaire, qui doit être susceptible de déplacement par rapport aux fils. Comme la plaque inférieure ne pouvait me servir dans mon examen, je voulus fixer, avec de la cire, la lame de verre micrométrique sur un tube oculaire, et imprimer à cette lame, au moyen du mouvement de la plaque supérieure, les divers changements de position nécessaires par rapport à la vis micrométrique; mais, grâce à un nouveau défaut du micromètre, cela ne réussit pas. Les trois plaques en question doivent glisser dans trois paires distinctes de coulisses, et c'est en effet ce qui a lieu dans l'ancien micromètre. Mais, dans le nouveau micromètre, la plaque oculaire se mouvait entre les mêmes coulisses que la plaque micrométrique, par suite de quoi la plaque oculaire était entraînée avec la plaque micrométrique, et le micromètre sur verre déplacé, relativement à la vis micrométrique, pendant l'opération de la mesure. Il me fallait absolument quelque disposition au moyen de laquelle le micromètre sur verre pût prendre, exactement, une position quelconque par rapport à la vis micrométrique, et conserver cette position pendant les mesures. A défaut d'autre chose, j'eus recours à la lunette de repère de l'instrument universel d'Ertel, lunette dont le tube oculaire contient un diaphragme auquel une vis extérieure permet de communiquer un mouvement lent. J'enlevai la plaque oculaire du micromètre et collai, avec de la cire, directement sur la plaque micrométrique, une petite

lame de cuivre pourvue d'une ouverture. Sur cette lame je collai, avec de la cire, le tube oculaire de la lunette de repère; sur le diaphragme de ce tube, également avec de la cire, un tube plus étroit, qui dépassait le premier par en haut; et enfin sur ce second tube, toujours avec de la cire, le micromètre en verre. Bien que mon petit édifice n'eût pas été élevé précisément avec les matériaux usuels, il rendit pourtant d'excellents services. Le microscope de Lerebours, dont le tube oculaire avait été garni de fils en croix, fut dirigé sur le micromètre en verre. La distance mutuelle des filets de la vis micrométrique est de 0,328 mm., de sorte qu'un espace de 8 divisions du micromètre en verre devait répondre, à très peu près, à un quart de tour de la vis. L'espace entre les extrémités d'un même couple de traits du micromètre en verre, éloignés l'un de l'autre de 8 divisions, fut donc mesuré en partant des points 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 et 90 du tambour. On plaçait celui-ci au point de départ voulu et, à l'aide de la vis du tube oculaire susdit, on pouvait en même temps faire coïncider avec le point d'intersection des fils croisés l'une des extrémités de l'espace qu'il s'agissait de mesurer. Avec un grossissement de 500 fois, les traits du micromètre en verre apparaissaient avec une netteté suffisante. Pour chaque point de départ, l'espace donné fut mesuré cinq fois, et toutes ces mesures furent étendues aux quatre tours de la vis qui, sur l'échelle, commencent aux points 28, 29, 30 et 31, et qui sont les seuls dont il y ait lieu de tenir compte dans la mesure des étoiles doubles. Il fallut donc, pour cet examen, procéder 400 fois à l'ajustement et à la lecture, et le travail entier ayant été répété à quatre jours différents, les 23, 25, 26 et 27 Septembre 1865, les résultats définitifs reposent sur 1600 lectures. Les tableaux suivants donnent les résultats obtenus en chacun de ces jours. La première ligne marque les points de départ, d'après le tambour de la vis, et la première colonne mentionne les tours de la vis soumis à l'examen, d'après l'indication de l'échelle. Les autres colonnes donnent les longueurs obtenues pour l'espace adopté, longueurs exprimées en divisions du tambour et centièmes de ces divisions.

23 Septembre 1865.

Echelle.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28	25,16	24,76	23,94	22,98	23,46	24,08	24,88	25,04	25.32	24,96
29	25,32	24,74	24,00	22,96	23,10	23,94	24,86	24,88	25,46	24,90
30	25,18	24,66	24,10	22,92	23,06	23,90	24,72	24,78	25,40	24,98
31	25,12	24,82	24,20	22,94	23,10	23,98	24,66	24,92	25,51	24,92
Moy.	25,19	24,84	24,06	22,95	23,18	23,97	24,78	24,90	25,43	24,94

25 Septembre 1865.

28	25,10	24,46	23,46	22,94	23,10	24,12	24,78	25,08	25,40	25,08
29	25,26	24,60	23,80	22,94	23,12	24,14	24,80	24,90	25,24	25,16
30	25,16	24,58	23,66	22,98	23,38	24,00	24,90	24,98	25,34	25,16
31	25,36	24,64	23,84	23,12	23,40	24,36	24,86	24,96	25,20	25,08
Moy.	25,22	24,57	23,69	22,99	23,25	24,15	24,83	24,98	25,29	25,12

26 Septembre 1865.

28	25,20	24,68	23,70	23,18	23,56	24,10	24,70	25,00	25,32	25,08
29	25,20	24,48	23,64	23,24	23,26	24,00	24,54	24,94	25,26	24,96
30	25,08	24,50	23,76	23,02	23,50	24,02	24,62	24,90	25,28	25,06
31	25,18	24,56	23,86	23,04	23,22	24,12	24,62	24,88	25,06	25,00
Moy.	25,16	24,55	23,74	23,12	23,38	24,06	24,62	24,93	25,23	25,02

27 Septembre 1865.

28	25,14	24,50	23,68	23,24	23,40	24,10	24,86	24,84	25,34	25,22
29	25,32	24,52	23,72	23,18	23,34	24,20	24,86	24,96	25,38	25,18
30	25,28	24,76	23,72	23,14	23,26	24,12	24,80	24,92	25,32	25,04
31	25,18	24,54	23,76	23,12	23,22	24,06	24,84	25,06	25,22	25,12
Moy.	25,23	24,58	23,72	23,17	23,30	24,12	24,84	24,94	25,31	25,14

En prenant la moyenne des nombres moyens trouvés pour les quatre jours différents, on a, en employant les signes adoptés précédemment.

u en parties.	u en dégres.	$u'-u$	$u'-u-f$
0	0	25,20	+ 0,79
10	36	24,63	+ 0,22
20	72	23,80	— 0,61
30	108	23,06	— 1,35
40	144	23,28	— 1,13
50	180	24,07	— 0,34
60	216	24,77	+ 0,36
70	252	24,94	+ 0,53
80	288	25,31	+ 0,90
90	324	25,05	+ 0,64

La moyenne de tous les résultats obtenus pour $u'-u$, c'est-à-dire la valeur de f, est de 24,41 parties ou 87° 52′ 34″. D'après cela les équations finales deviennent:

$$6{,}939\ \alpha = -\ 1{,}1929$$
$$6{,}939\ \beta = -\ 5{,}0263$$
$$6{,}993\ \alpha' = +\ 0{,}9516$$
$$6{,}993\ \beta' = +\ 1{,}1631$$

et on a par conséquent pour l'erreur périodique de la vis:

$$\varphi u = -0{,}136\ Cos.\,u - 0{,}724\ Sin.\,u + 0{,}110\ Cos.\,2u + 0{,}134\ Sin.\,2u.$$

On voit que les erreurs périodiques de la vis ont bien été diminuées notablement par le déplacement du cylindre de pierre, mais qu'elles sont demeurées néanmoins encore assez considérables. Si l'erreur périodique dérive uniquement d'une position oblique du plan contre lequel la vis appuie, combinée avec une excentricité du point d'appui, alors cette erreur doit être proportionnelle au sinus de la valeur notée sur le tambour. La circonstance que le coefficient de *Sin. u* dépasse si considérablement les autres coefficients peut faire présumer que les défauts en question sont restés les causes principales des erreurs périodiques de la vis. En général, les erreurs périodiques d'une vis micrométrique pourront être entièrement changées si, après que l'appareil a été démonté et nettoyé, le plan contre lequel la vis repose n'a pas repris exactement

sa position primitive. Je doute qu'on ait jamais tenu compte de cette particularité.

A l'aide d'un espace de 8 divisions du micromètre en verre, j'ai déterminé un certain nombre de fois la valeur absolue des erreurs, pour quatre points de la circonférence de la vis distants l'un de l'autre de 90°; j'ai obtenu ainsi pour les tours 29 et 30 de la vis:

	0	25	50	75	100
22 Sept.	0	— 0,84	+ 0,41	+ 0,72	0
23 „	0	— 0,86	+ 0,40	+ 0,73	0
28 „	0	— 0,86	+ 0,40	+ 0,73	0
Moy.	0	— 0,86	+ 0,40	+ 0,71	0

Pour ces mêmes points la formule donne les valeurs suivantes, en faisant égale à zéro l'erreur qui correspond à $u = 0$ et qui peut être prise arbitrairement:

0 — 0,81 + 0,27 + 0,64 0.

La différence, qui est plus grande qu'on ne s'y fût attendu d'après l'accord entre les résultats, obtenus de la même manière, peut s'expliquer, indépendamment des erreurs des mesures, par la circonstance que dans la formule on n'a tenu compte que de quatre termes, et que dans la détermination absolue on a dû supposer que l'erreur ne varie pas quand u subit un changement d'une couple de parties.

Au moyen de la formule on peut, pour toutes les indications du tambour, calculer les erreurs et en tenir compte. En agissant ainsi, on juge mieux jusqu'à quel point des différences, existant entre les résultats obtenus pour une même grandeur, sont imputables aux observations; toutefois, je regarde comme plus sûr d'éliminer, quand c'est possible, les erreurs de la vis, en prenant la moyenne de mesures bien ordonnées. Pour moi ce sera dorénavant une règle, de ne regarder aucune mesure avec le micromètre à fils comme accomplie, aussi longtemps qu'il n'aura pas

été exécuté pour le même objet, avec un instrument dans le même état, cinq séries de mesures, dont les points de départ soient distribués bien uniformément sur la circonférence du tambour.

On a de temps en temps mis en regard les mesures prises, sur les mêmes étoiles doubles, à des époques différentes, et il fallait, naturellement, commencer par là pour chacune des étoiles doubles dont on essayait de déterminer l'orbite par le calcul. W. Struve, qui n'avait que très peu de devanciers dans les recherches concernant les étoiles doubles, rassembla en 1837, dans son premier grand ouvrage sur ces systèmes, toutes les mesures existantes relatives aux principaux d'entre eux [1]). M. Mädler, en 1847, exécuta ce travail sur une très grande échelle, dans un des deux volumes qu'il consacra aux systèmes des hautes régions du ciel [2]). En 1852, lorsque le nombre de ceux qui s'occupaient de la mesure des étoiles doubles s'était déjà considérablement accru, M. Bishop réunit toutes les mesures connues relativement à un grand nombre d'étoiles doubles [3]). M. Fletcher et Lord Wrottesley firent la même chose, dans les années 1854—1861, pour un petit nombre d'étoiles doubles[4]). En 1862, M. Auwers rassembla toutes les mesures d'étoiles doubles, qui ont été exécutées avec l'héliomètre de Koenigsberg [5]). Enfin, cette année même, M. Engelmann a présenté l'ensemble des mesures connues touchant les quatre-vingt-dix étoiles doubles qui avaient été mesurées par lui à la petite lunette de l'observatoire de Leipzig [6]). Lorsqu'on parcourt les mesures effectuées, par divers observateurs, sur les

---

[1]) *Stellarum duplicium et multiplicium mensurae micrometricae, etc. Auctore* F. G. W. Struve, *Petropoli*, 1837.

[2]) *Untersuchungen über die Fixstern-Systeme, von* Dr. J. H. Mädler, T. I, Mitau et Leipzig, 1847.

[3]) *Astronomical Observations, taken at the observatory, South villa, during the years* 1839—1851, *under the direction of* G. Bishop, etc., Londres, 1852.

[4]) *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, T. XXII, p. 181 et T. XXIX, p. 160.

[5]) *Astron. Nachr.*, T. LIX, p. 1.

[6]) *Messungen von neunzig Doppelsternen, am sechsfüssigen Refractor der Leipziger Sternwarte, ausgeführt von* Dr. R. Engelmann, Leipzig, 1865.

mêmes étoiles doubles, on ne rencontre bien pas des différences aussi fortes que dans les mesures relatives aux planètes, mais on remarque pourtant, d'un observateur à l'autre, des écarts qui, tout faibles qu'ils soient en eux-mêmes, sont certainement trop considérables par rapport à l'espace que les étoiles doubles occupent pour notre œil. Ce n'est pas sans surprise qu'on voit les mesures exécutées, par différents observateurs, avec un instrument tel que l'héliomètre de Koenigsberg, offrir encore des divergences si notables. Après W. Struve, plusieurs astronomes, dont M. Engelmann a recueilli les noms avec soin [1]), se sont appliqués à la mesure des étoiles doubles; et si ces mesures ne manifestent pas une exactitude en rapport avec le but poursuivi, il est digne de remarque, d'un autre côté, que, chez la plupart de ces astronomes, on ne découvre pas trace d'une étude de l'appareil avec lequel les mesures ont été accomplies. Si l'on avait déterminé ou éliminé les erreurs des vis, l'accord entre les résultats serait bien plus grand qu'il ne l'est maintenant. Fort de mon expérience personnelle, je crois devoir prémunir tous ceux qui ont à exécuter des mesures délicates à l'aide de vis, contre une confiance aveugle dans ces auxiliaires.

Leyde, 22 Nov. 1865.

[1]) Voir l'ouvrage cité, p. 8 et 9.

NOTE.

Le travail dont l'extrait ci-dessus reproduit la partie essentielle a paru, vers la fin de l'année 1865, dans les Comptes rendus de l'Académie royale des sciences d'Amsterdam. Au moment de livrer cet extrait à l'impression, je reçois un mémoire de M. A. Auwers, intitulé *Untersuchungen über die Beobachtungen von Bessel und Schlüter am Königsberger Heliometer zur Bestimmung der Parallaxe von* 61 *Cygni* et publié dans les *Abhandlungen der Kön. Acad. u. s. w. zu Berlin*, 1861. Il me sera permis de signaler le fait que M. Auwers a découvert dans les observations de Bessel et Schlüter des erreurs qui provenaient précisément des sources indiquées dans mon travail et toujours négligées jusqu'ici.

OBSERVATIONS

SUR

L'ÉTENDUE RELATIVE DES AILES

ET

le poids des muscles pectoraux

CHEZ LES ANIMAUX VERTÉBRÉS VOLANTS.

PAR

P. HARTING.

En rédigeant, il y a une couple d'années, pour un recueil périodique, l'*Album der Natuur* (V. Année 1867, pag. 97, 129 et 161), un article sur le vol, je fus conduit à m'occuper également de la question: quelle est la relation entre la longueur et l'étendue superficielle des ailes et le poids du corps de l'animal. Je ne trouvai à ce sujet que peu de détails dans les auteurs, ce qui m'engagea à exécuter moi-même quelques mesures et quelques pesées. Plusieurs des résultats obtenus ont déjà été communiqués dans l'article précité; mais, depuis lors, j'ai continué mes recherches, et je crois qu'il ne sera pas sans intérêt d'en donner ici un aperçu succinct, sans répéter toutefois ce que j'avais dit ailleurs de la théorie du vol et de la structure des organes du vol, ces notions pouvant être supposées connues des lecteurs de ce journal.

Je ne considérerai aussi, en ce moment, que les animaux volants faisant partie de l'embranchement des vertébrés: Chauves-souris, Oiseaux et Poissons volants.

La méthode que j'ai suivie pour déterminer la superficie des

ailes est fort simple. Voici en quoi elle consiste. L'aile, encore attachée au corps de l'animal, étant étendue par un aide sur une feuille de papier blanc, on en marque le contour sur le papier au moyen d'un crayon, en suivant aussi exactement que possible toutes les sinuosités, tant grandes que petites. On recouvre alors ce dessin d'une feuille de papier transparent (papier végétal) sur laquelle est tracée à l'encre une division en décimètres et centimètres carrés, puis on compte le nombre des mailles de ce réseau qui tombent à l'intérieur du contour dessiné. Les parties de la surface, plus petites qu'un centimètre carré, qui restent le long des bords, peuvent être évaluées facilement par estimation.

J'ajouterai encore que lorsque, chez les Chauves-Souris, la membrane alaire s'étend aussi entre les cuisses, la moitié de cette expansion a été comprise dans la mesure.

La détermination de la longueur des ailes, et celle de l'envergure, c'est-à-dire de la distance entre les extrémités des ailes, ont eu lieu dans l'état d'extension maximum de ces organes.

I. Chauves-Souris.

Ce n'est que chez trois espèces indigènes, *Vespertilio murinus*, *Vesp. pipistrellus* et *Plecotus auritus*, que les mesures et les pesées ont pu être faites sur des individus à l'état frais. Pour les autres espèces j'ai dû me contenter d'exemplaires conservés dans l'alcool; il va sans dire que dans ce cas les résultats ne sont exacts qu'approximativement. Il est à désirer que ces observations soient répétées et étendues à d'autres espèces dans les pays mêmes où ces espèces vivent. Le rapport entre le poids du corps et le développement de l'appareil du vol devrait entrer dans la description de chaque espèce animale volante. Ce rapport y a plus d'importance que beaucoup d'autres caractères qu'on est dans l'habitude de mentionner.

Les résultats directs des pesées et des mesures sont consignés dans le tableau suivant. Les espèces y sont rangées d'après le poids du corps, dans l'ordre décroissant.

	NOM DE L'ESPÈCE.	Poids du corps en grammes.	Superficie de l'aile en centim. carrés.	Longueur de l'aile en centimètres	Envergure en centimètres.
		p.	*a.*	*l.*	
1	Pteropus edulis	1380,0	815	52,2	120,0
2	Phyllostoma spectrum	164,0	313	26,4	59,9
3	Megaderma trifolium	52,1	82	19,5	44,8
4	Phyllostoma perspicillatum	47,7	95	16,6	36,8
5	Noctilio unicolor	44,5	127	22,0	46,2
6	Vespertilio murinus	34,9	70	18,0	42,0
7	Molossus longicaudatus	33,5	57	15,5	35,2
8	Pteropus minimus	21,4	47	11,2	24,5
9	Mormops *spec.*	20,8	47	11,7	28,7
10	Taphozous saccolaimus	18,7	79	13,2	29,5
11	Glossophaga soricinus	14,6	47	11,4	24,0
12	Plecotus auritus	10,4	35	12,5	26,0
13	Vespertilio pipistrellus	5,6	25	10,5	23,5

En examinant ces résultats, on s'aperçoit immédiatement que le poids du corps, la superficie de l'aile et la longueur de l'aile des différentes espèces, — grandeurs que nous désignerons dorénavant, pour abréger, par p, a et l, — ne sont pas directement comparables entre eux. Tandis que dans l'espèce la plus légère et l'espèce la plus pesante, parmi celles qui ont été observées, les poids du corps sont entre eux comme 1 : 244,6, les superficies de l'aile et les longueurs de l'aile sont, au contraire, dans le rapport de 1 : 32,6 et de 1 : 5.

La raison de ce fait est facile à concevoir. Pendant que l croît en raison simple à mesure que l'animal devient plus grand, la valeur de a augmente au contraire dans le rapport du carré et celle de p dans le rapport du cube. Les seules grandeurs comparables sont donc l, $\sqrt{a}$ et $\sqrt[3]{p}$. En divisant ces valeurs l'une

par l'autre on obtient certains coefficients, dont nous appellerons les deux premiers (*n* et *r*) coefficients du vol, parce qu'en effet ils expriment l'étendue relative des ailes par rapport au poids du corps, tandis que le dernier (*m*) fait connaître le rapport entre la longueur et la largeur de l'aile, par conséquent la forme de l'organe. Voici ces coefficients:

	NOM DE L'ESPÈCE.	$\frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{p}} = n$	$\frac{l}{\sqrt[3]{p}} = r$	$\frac{l}{\sqrt{a}} = m$
1	Pteropus edulis	2,55	4.68	1,83
2	Phyllostoma spectrum	3,23	4,82	1,50
3	Megaderma trifolium	2.43	5,21	2,15
4	Phyllostoma perspicillatum	2.69	4,57	1,70
5	Noctilio unicolor	3,17	6.19	1,95
6	Vespertilio murinus	2,56	5,50	2,14
7	Molossus longicaudatus	2.35	4,81	2,05
8	Pteropus minimus	2,48	4,05	1,64
9	Mormops *spec.*	2,49	4.26	1.71
10	Taphozous saccolaimus	3.35	4,99	1,49
11	Glossophaga soricinus	2,80	4,65	1,67
12	Plecotus auritus	2,70	5,71	2,11
13	Vespertilio pipistrellus	2,81	5,90	2,10

Comme on pouvait s'y attendre, ces coefficients diffèrent entre eux, mais les différences se maintiennent entre des limites assez étroites et il n'y a aucun parallélisme entre elles et la taille de l'espèce.

A l'aide de ces coefficients il devient très facile de calculer quelles devraient être l'étendue superficielle et la longueur des ailes chez un animal d'un poids donné quelconque; les résultats varieront seulement suivant qu'on aura choisi comme type telle ou telle espèce de Chauve-souris.

De ce qui précède il suit en effet que

$$a = (n \sqrt[3]{p})^2 \quad \text{et}$$

$$l = r \sqrt[3]{p}.$$

Supposons, par exemple, qu'on veuille savoir quelles dimen-

sions devraient avoir les ailes d'une Chauve-souris pesant 75 kilogrammes, c'est-à-dire ayant à peu près le poids du corps d'un homme adulte. La racine cubique de 75000 gram. étant d'environ 42,2, le calcul donne ce qui suit :

		Longueur de l'aile.	Superficie de l'aile.
D'après le type du	*Pteropus minimus*	171 centim.	10953 centim. □
» » » »	*Vespertilio murinus*	221 »	11664 » »
» » » »	*Noctilio unicolor*	261 »	17902 » »

Ces exemples, qui représentent à peu près les deux cas extrêmes et le cas moyen, peuvent suffire.

Ainsi donc une paire d'ailes, ayant chacune environ deux mètres et demi de longueur et un et demi mètres carrés de surface, serait suffisante pour soutenir en l'air une Chauve-souris dont le poids égalerait celui d'un homme.

Toutefois, il est à peine besoin de rappeler que la possession d'ailes d'une ampleur convenable n'est qu'une des nombreuses conditions nécessaires pour mettre un animal en état de voler, et que par conséquent il ne suffirait nullement de pourvoir un animal, un homme par exemple, d'ailes de cette étendue, pour le transformer en un être volant.

Une autre condition, bien plus difficile à remplir, est la possession de muscles pectoraux assez puissants, non-seulement pour produire avec rapidité l'abaissement de l'aile au moyen duquel le corps est soulevé, mais aussi pour pouvoir soutenir pendant quelque temps, sans trop grande fatigue, ces mouvements répétés et se succédant à de courts intervalles.

Chez trois Chauves-souris j'ai pesé les muscles pectoraux, en opérant sur l'état frais pour deux d'entre elles :

	Poids des muscles pectoraux en grammes.	Rapport au poids du corps.
Pteropus edulis	117,60	1 : 11,7
Plecotus auritus	0,76	1 : 13,8
Vespertilio pipistrellus.	0,35	1 : 15,5

Nous verrons tout à l'heure que ce poids relatif des muscles pectoraux des Chauves-souris, bien qu'environ quatre ou cinq fois plus grand que celui d'autres mammifères, non volants, n'atteint pourtant guère que la moitié ou le tiers du poids relatif de ces mêmes parties chez les Oiseaux.

II. Oiseaux.

Les pesées et mesures suivantes se rapportent soit à des oiseaux pris vivants et en parfaite santé, soit à des individus qui avaient été tirés au fusil:

	NOM DE L'ESPÈCE.	Poids du corps en grammes.	Superficie de l'aile en centim. carrés.	Longueur de l'aile en centimètres.	Poids des muscles pectoraux en grammes.	Rapport entre le poids des muscles pectoraux et celui du corps.
		p	*a*	*l*		
1	Larus argentatus..........	565,0	541	48,0	93,00	1 : 6,08
2	Anas Nyroca.............	508,0	321	35,0	76,58	1 : 6,63
3	Fulica atra...............	495,0	262	26,5	51,80	1 : 9,56
4	Anas crecca (*mas*).........	275,5	144	24,8	63,85	1 : 4,31
5	Larus ridibundus.........	197,0	331	41,5	26,13	1 : 7,53
6	Machetes pugnax (*mas*).....	190,0	164	26,2	48,37	1 : 3,93
7	Rallus aquaticus (*mas*).....	170,5	101	16,5	19,05	1 : 8,95
8	Turdus pilaris (*mas*).......	103,4	101	17,2	23,30	1 : 4,44
9	Turdus merula (*mas*).......	88,8	106	16,0	19,05	1 : 4,55
10	Sturnus vulgaris (*mas*).....	86,4	85	16,7	16,45	1 : 5,26
11	Bombicilla garrula........	60,0	44	16,0	11,00	1 : 5,46
12	Alauda arvensis...........	32,2	75	15,8	5,10	1 : 6,27
13	Parus major..............	14,5	31	10,5	2,10	1 : 6,90
14	Fringilla spinus...........	10,1	25	9,5		
15	Parus coeruleus...........	9,1	24	9,0		

Grâce à l'obligeance de M. Westerman, j'ai pu effectuer des déterminations analogues sur quelques oiseaux qui étaient morts au jardin zoologique d'Amsterdam. Toutefois, comme ces oiseaux

avaient tous succombé à l'une ou l'autre maladie, et que plusieurs d'entre eux offraient des signes évidents d'amaigrissement général et d'atrophie des muscles, les résultats qu'ils ont fournis méritent beaucoup moins de confiance; cela résulte déjà de la légèreté des muscles pectoraux chez la plupart de ces oiseaux, légèreté qui devient manifeste quand on compare le poids relatif de ces muscles à ce même poids considéré chez des individus bien portants, tels que ceux auxquels se rapporte le tableau ci-dessus.

Quoi qu'il en soit, je crois devoir donner également les résultats de ces nouvelles déterminations.

	NOM DE L'ESPÈCE.	Poids du corps en grammes.	Superficie de l'aile en centim. carrés.	Longueur de l'aile en centimètres.	Poids des muscles pectoraux en grammes.	Rapport entre le poids des muscles pectoraux et celui du corps.
16	Numenius phoeopus.........	440	492	45,0	59,31	1 : 7,42
17	Psittacus erithacus..........	300	292	29,8	37,89	1 : 7,92
18	Plyctolophus sulphureus......	250	272	30,3	23,86	1 : 10,48
19	Gracula religiosa............	161	188	26,0	17,18	1 : 9,37
20	Rallus pectoralis...	142	164	21,0	15,35	1 : 9,25
21	Emberiza gubernatrix........	25,5	50	10,5	2,03	1 : 12,50

Toutefois, pour la comparaison du poids du corps avec la superficie et la longueur de l'aile, nous ne ferons usage que des déterminations empruntées aux individus bien portants. On a procédé dans cette comparaison de la même manière que pour les Chauves-souris. — (Voyez le tableau pag. 40.)

Les valeurs des coefficients du vol, *n* et *r*, montrent ici des différences un peu plus fortes que celles que nous avons trouvées chez les Chauves-souris; résultat qui était d'ailleurs à prévoir, puisque, sous le rapport de la puissance du vol et de l'étendue relative des ailes, il existe des différences bien plus prononcées d'un Oiseau à l'autre que d'une Chauve-souris à l'autre. *Fulica atra* et *Rallus aquaticus*, par exemple, sont de mauvais voiliers

NOM DE L'ESPÈCE.	$\frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{p}} = n$	$\frac{l}{\sqrt[3]{p}} = r$	$\frac{l}{\sqrt{a}} = m$
Larus argentatus	2,82	5,81	2,06
Anas Nyroca	2,26	4,34	1,96
Fulica atra	2,05	3,35	1,64
Anas crecca	1,84	3,81	2,07
Larus ridibundus	3,13	7,14	2,28
Machetes pugnax	2,23	4,56	2,05
Rallus aquaticus	1,81	2,97	1,64
Turdus pilaris	2,14	3,66	1,71
Turdus merula	2,31	3,59	1,55
Sturnus vulgaris	2,09	3,77	1,81
Bombicilla garrula	1,69	4,08	2,41
Alauda arvensis	2,69	4,97	1,83
Parus major	2,29	4,30	1,89
Fringilla spinus	2,33	4,42	1,90
Parus coeruleus	2,34	4,31	1,85

comparés aux espèces du genre *Larus*, et, en accord avec cette circonstance, on trouve une différence considérable dans les coefficients. En étendant les recherches, on rencontrerait certainement des différences encore beaucoup plus importantes, même si l'on excluait l'ordre des Coureurs. D'un autre côté, la comparaison du dernier tableau avec celui qui le précède montre que la puissance du vol ne marche pas toujours de pair avec la valeur des coefficients n et r, c'est-à-dire avec la grandeur relative des ailes, mais qu'il y a aussi à tenir compte du poids relatif des muscles pectoraux. Ordinairement, il est vrai, des muscles pectoraux volumineux et puissants répondent à des ailes longues et amples, mais il y a à cette règle quelques exceptions remarquables. Il paraît même qu'une étendue moindre des ailes peut être compensée par un développement plus prononcé des muscles pectoraux, et *vice-versâ*; des ailes plus petites, mais à battements plus nombreux dans un temps déterminé, peuvent produire le

même effet que des ailes d'une plus grande dimension, mais à battements moins fréquents. Chez les Chauves-souris une semblable compensation paraît exister également; du moins les rapports trouvés entre le poids des muscles pectoraux et le poids du corps (voyez p. 37) décroissent dans le même ordre suivant lequel croissent les coefficients *n* et *r* (voyez pag. 36).

Ce qui met le mieux en évidence que la puissance du vol est loin de dépendre uniquement de la grandeur des ailes, c'est la comparaison mutuelle des valeurs calculées de *n* et *r* chez les Oiseaux et chez les Chauves-souris. On constate immédiatement que la différence n'est pas considérable, et, en outre, quelle n'est pas habituellement en faveur des Oiseaux. En prenant les moyennes de toutes les observations on trouve :

	Chauves-Souris.	Oiseaux.
$n =$	2,74	2,27
$r =$	5,03	4,34
$m =$	1,85	1,91

Quoique ces chiffres moyens ne possèdent pas plus de valeur que ne peut leur en donner le petit nombre des observations, et qu'ils ne doivent par conséquent, en aucune façon, être considérés comme applicables à l'ensemble des deux groupes, il en résulte pourtant qu'aussi bien la surface des ailes (exprimée par *n*) que leur longueur (représentée par *r*) sont, pour des animaux de même poids total, en général plus petites chez les Oiseaux que chez les Chauves-Souris. Il n'y a que *m* qui soit un peu plus grand chez les Oiseaux; mais cela indique seulement que chez eux la longueur de l'aile dépasse sa largeur plus que chez les Chauves-souris, ce qui est une suite de la différence des formes.

Je n'entrerai pas ici dans la considération détaillée du haut degré de prééminence, comme organe du vol, de l'aile de l'Oiseau sur l'aile de la Chauve-souris, cette prééminence étant suffisamment connue, et ce point ayant d'ailleurs déjà été traité par moi avec quelque développement dans l'article cité plus haut.

La structure spéciale de l'aile de l'oiseau suffit déjà, et au-delà, pour racheter le désavantage d'une étendue moindre; mais le vol rapide et longtemps soutenu des Oiseaux, qui leur donne une supériorité si marquée sur les Chauves-souris, trouve surtout son explication dans la puissance beaucoup plus grande des muscles pectoraux et dans la structure différente des organes respiratoires.

III. Poissons Volants.

Pour terminer, je ferai encore connaître le résultat de quelques pesées et de quelques mesures relatives à deux espèces de Poissons volants. Elles ont été exécutées sur des exemplaires conservés dans l'alcool, mais pour l'un d'eux, celui d'*Exocoetus evolans*, M. le Capitaine Kruizinga, à qui je suis redevable de cet objet, avait eu le soin d'étendre complétement les nageoires pectorales avant l'introduction dans le flacon rempli d'alcool.

	Exocoetus evolans.	*Dactylopterus volitans.*
Poids du poisson.	107 gramm.	572 gramm.
Longueur du corps.	23 centim.	35,5 centim.
„ de la nageoire pectorale. .	10,5 „	21,5 „
Distance des extrémités des nageoires pectorales étendues	24 „	41 „
Superficie de chaque nageoire pectorale	62 cent. carr.	220 cent.carr.

On déduit de là pour les coefficients du vol:

	n	*r*	*m*
Exocoetus evolans. . . .	1,65	2,21	1,34
Dactylopterus volitans. .	1,79	2,59	1,45

Si l'on rapproche ces chiffres de ceux qui ont été donnés pag. 36 et 40, on reconnaît que l'étendue superficielle relative des nageoires pectorales (*n*) est de peu inférieure à celle des ailes de certains Oiseaux qui pourtant volent encore passablement

bien, mais qu'au contraire la longueur relative de ces nageoires, c'est-à-dire la longueur dans son rapport au poids du corps, exprimée par *r*, est beaucoup plus petite que celle des ailes de n'importe quel Oiseau ou de n'importe quelle Chauve-souris. Elle n'atteint qu'environ la moitié de la valeur moyenne que nous avons trouvée pour *r* chez ces dernières (Voyez pag. 36), et même chez les Oiseaux (*Anas crecca*, *Rallus aquaticus*, *Bombicilla garrula*) dont les ailes ne dépassent que peu ou point en étendue superficielle les nageoires pectorales de nos deux Poissons volants, leur longueur relative s'élève encore à près du double. Or, la résistance de l'air à chaque coup d'aile est en raison du carré de la vitesse, et celle-ci croît proportionellement à la distance qui sépare de l'articulation de l'épaule le point de l'aile dont on considère le mouvement. Par conséquent, de deux ailes de même surface, mais dont l'une est deux fois aussi longue que l'autre, la première éprouvera de la part de l'air quatre fois autant de résistance, en d'autres mots, elle soulèvera le corps de l'animal avec une force quadruple. D'après cela, si les nageoires pectorale des Poissons volants, quand elles agissent, concurremment avec tout le reste de la surface du corps, comme simple parachute, équivalent à peu près aux ailes des Oiseaux ci-dessus nommés, elles leur sont de beaucoup inférieures comme organes d'ascension et de propulsion. Il en serait encore ainsi, lors même qu'elles seraient mises en mouvement par des muscles également puissants, et qu'elles seraient tout aussi propres à soutenir le corps dans la locomotion aérienne, ce qui est loin d'être le cas, comme l'indique toute la structure de ces organes comparée à celle des ailes des Oiseaux.

SUR UNE ASYMÉTRIE
DU
SQUELETTE HUMAIN
SE TRANSMETTANT HÉRÉDITAIREMENT,

PAR

P. HARTING.

Une des questions les plus importantes du temps actuel est de savoir si effectivement, et en cas d'affirmative jusqu'à quel point, certaines propriétés de la forme animale, dues à l'influence de l'habitude, non-seulement se transmettent héréditairement par voie de génération, mais encore acquièrent peu à peu une stabilité plus ou moins grande qui les élève au rang de caractères de l'espèce. On peut difficilement se refuser à reconnaître que l'organisme animal jouit d'un certain degré de plasticité, grâce auquel il est susceptible de s'adapter à des conditions d'existence modifiées, et il n'est guère douteux non plus que ces changements de forme ne soient, en grande partie, la conséquence de l'usage plus fréquent que l'animal a été appelé à faire de certains muscles. Il y a, chez les animaux vertébrés, une relation des plus intimes entre les muscles et les os auxquels ils s'insèrent. A vrai dire même, ces deux parties ne constituent ensemble qu'un système unique. Les tendons, par lesquels les muscles se terminent, sont un prolongement du périoste, et l'os à son tour est un produit de cette membrane enveloppante. Des muscles puissants sont toujours associés à des os volumineux; réciproquement, lorsque dans une espèce certains muscles sont plus faibles que chez une autre, qui est voisine de la première, on peut être certain de trouver aussi moins développés les os auxquels ces muscles sont attachés. Il est inutile de citer des exemples à l'appui de cette proposition.

Lorsque les conditions de vie viennent à changer, une espèce animale doit, ou bien cesser d'exister, ou bien se plier au chan-

gement intervenu. Ce changement est-il notable et se produit-il brusquement, c'est la première éventualité qui se réalisera. Est-il, au contraire, de nature lente et progressive, dans ce cas on comprend que l'espèce, au lieu de s'éteindre, puisse se modifier, et que, ces modifications passant des parents à leur progéniture, la différence puisse, par voie d'accumulation, devenir peu à peu assez grande pour qu'on soit tenté de croire qu'une espèce nouvelle a pris naissance.

Mais, tout ce qui se laisse concevoir et comprendre n'est pas encore, par cela même, possible. La recherche expérimentale, l'observation des faits tels qu'ils se présentent en réalité, peut seule décider si l'hypothèse formée est légitime. Sous ce rapport, il est incontestable que le zoologiste se trouve dans une position beaucoup plus défavorable que le physicien et le chimiste. Ceux-ci construisent également des hypothèses, mais, pour les contrôler, ils disposent, en général, non-seulement de l'observation simple, mais aussi de l'expérimentation. En outre, les expériences qu'ils instituent s'achèvent en un temps limité, assez court. Le zoologiste, au contraire, est rarement à même d'entreprendre des expériences qui puissent fournir une réponse aux questions ci-dessus posées, ou bien, s'il en a les moyens, la réponse se fait attendre pendant des années; dans la plupart des cas même, une durée de plusieurs siècles est à peine suffisante. En un certain sens, il est vrai, on peut regarder comme tendant vers le but indiqué toutes les tentatives qui ont été faites pour transformer les races des animaux domestiques; et, en effet, c'est à ces tentatives qu'est dû tout ce que nous savons de certain au sujet de la possibilité de pareilles transformations. Néanmoins, ces essais ayant été poursuivis dans un tout autre ordre d'idées, ils ne peuvent prétendre à la valeur d'expériences scientifiques proprement dites, telles que les disposerait un naturaliste ayant à cœur de mettre les résultats obtenus à l'abri des critiques et des objections. De là vient, non-seulement que ces objections continuent à être soulevées, mais que parfois on déduit, des mêmes séries de faits, des conclusions entièrement différentes.

La même remarque s'applique à la variabilité du corps humain. Tandis que quelques-uns sont d'avis que les types principaux de la forme humaine, existants de nos jours, sont les descendants inaltérés des mêmes races qui vivaient déjà il y a des milliers d'années, — tout en oubliant qu'il n'y a en effet aucun motif de variation aussi longtemps que les conditions d'existence et la manière de vivre restent les mêmes, — d'autres au contraire pensent que des modifications très apparentes peuvent se produire même dans le cours d'un petit nombre de générations. C'est ainsi, par exemple, que les Nord-Américains, d'origine européenne, auraient acquis un cou plus allongé, et que les descendants des Nègres transportés d'Afrique en Amérique seraient même devenus moins prognathes que leurs ancêtres. Or, de tels changements ne sont nullement invraisemblables en eux-mêmes; mais quand il s'agit de les démontrer d'une manière irréfutable, on se trouve arrêté, d'une part par l'imperfection extrême de notre connaissance de la chaîne de faits qui lie le présent au passé, d'autre part par l'indétermination de ces changements eux-mêmes, qui ne se laissent pas exprimer facilement par des mesures et des chiffres. Toutes les modifications qui intéressent le crâne et la face sont nécessairement de nature très complexe, parce que ces parties sont elles-mêmes très composées, aussi bien sous le rapport des os, que sous celui des muscles auxquels ces os donnent attache et de la masse cérébrale qu'ils entourent. Les membres au contraire ont une structure infiniment plus simple. Ils se prêtent aussi bien mieux aux opérations de mesure et de pesée, de sorte que les comparaisons qui les concernent, appuyées sur des chiffres qui ont la même signification pour tout le monde, offrent un beaucoup plus haut degré de certitude et ne courent pas le risque de donner lieu à des interprétations différentes. Pourtant, les membres n'ont joué jusqu'à présent qu'un rôle très subordonné dans les études anthropologiques comparatives. Il semble que pour beaucoup d'anthropologistes la tête seule présente des différences assez caractéristiques pour mériter de fixer l'attention d'une manière spéciale. En ce qui concerne le bassin, on

sait par les observations de G. Vrolik, publiées il y a près d'un demi-siècle, qu'il varie chez les diverses races humaines; mais quant aux autres relations des membres, soit entre eux soit avec le reste du corps, elles sont encore enveloppées d'une obscurité profonde. Une question, par exemple, qui à mon avis offre un grand intérêt, est celle de la longueur relative des membres antérieurs. Quelque opinion que l'on adopte au sujet du problème de l'origine de l'homme, personne ne peut nier qu'au sens zoologique l'homme ne se rapproche le plus des singes anthropomorphes, dont les membres antérieurs ont une bien plus grande longueur relative que ceux de l'homme. Est-il vrai, comme on l'a prétendu quelquefois, que les races humaines inférieures ont aussi, en général, les extrémités antérieures plus longues que les races supérieures? Ce n'est que par des moyennes déduites de longues séries de mesures qu'on pourra être fixé sur ce point. Comme simple fait s'y rapportant, j'indiquerai la circonstance que dans le squelette d'ailleurs bien proportionné d'un Nègre mâle, qui se trouve au musée anatomique de l'université d'Utrecht, les bouts des doigts des membres antérieurs librement pendants descendent plus bas que chez les squelettes d'Européens conservés dans la même collection. Ce rapport change-t-il quand la manière de vivre se modifie, quand la race atteint un plus haut degré de développement? Personne en ce moment n'est en état de donner la réponse à cette question, et selon toute apparence même il se passera encore bien des siècles avant que cette réponse puisse être connue.

Il y a toutefois dans la conformation des membres une particularité sur laquelle les recherches peuvent être dirigées dès à présent avec espoir de succès. Cette particularité, il est vrai, est peu saillante et en apparence de faible importance; néanmoins, j'ai pensé qu'elle méritait de faire l'objet d'un examen spécial. Lorsque nos forces sont insuffisantes pour attaquer des problèmes vastes et compliqués, il peut encore y avoir quelque utilité à les essayer à la solution de questions plus simples. Le caractère que j'ai en vue ici, c'est la différence qui existe, au moins chez les

Européens, entre le bras droit et le bras gauche. Il est bien connu que le premier est, en général, un peu plus gros que le second. Cette différence, il est à peine besoin de le dire, trouve son explication dans l'usage plus fréquent qu'on fait du bras droit. Tout le monde sait qu'un exercice soutenu, en augmentant l'afflux du sang et l'activité de la nutrition dans les muscles exercés, y détermine un accroissement de volume. Bien que cela soit inutile, j'ajouterai, comme surcroît de preuve, que chez deux personnes, qui avaient l'habitude de se servir de préférence du bras gauche, j'ai trouvé ce bras plus développé que le bras droit. Il serait sans intérêt de rapporter ici en détail les mesures que j'ai exécutées expressément sur un grand nombre de personnes. Je me contenterai de dire que l'inégalité existe aussi bien au bras qu'à l'avant-bras, mais qu'elle est souvent la plus forte pour ce dernier, où il n'est pas rare de voir la différence de longueur de la circonférence dépasser un centimètre.

La première question qui s'élève à ce sujet est celle-ci: l'accroissement de volume est-il borné aux muscles seuls, ou bien les os du bras y prennent-ils part également. Cette dernière alternative était, à priori, de beaucoup la plus probable. Toutefois on ne pouvait s'attendre à trouver une différence bien grande, puisque, dans ce cas, elle eût été remarquée il y a longtemps. Il fallait donc en venir aux mesures et pesées précises pour trancher la question. J'étais réduit, il est vrai, à faire usage pour cela de squelettes préparés d'ancienne date, de sorte que le rapport des parties molles m'était inconnu; mais comme les personnes qui se servent de préférence du bras gauche ne se présentent qu'à titre d'exception, il était permis de présumer que la différence entre les os, si elle existait, suivrait la même règle.

Les mesures furent prises, au moyen de bandelettes étroites de papier, sur la clavicule au milieu de sa longueur, sur l'humérus à son tiers supérieur, et sur le cubitus et le radius à leur tiers inférieur; chaque fois on opérait sur l'os de droite et sur l'os de gauche en des points exactement correspondants, de sorte que les résultats des mesures relatives aux deux côtés sont par-

faitement comparables. Pour les Nos. 5, 6 et 9 du tableau cidessous le périmètre du cubitus et du radius ne put être déterminé, par suite de la présence du ligament interosseux. Des dix squelettes sur lesquels les mesures ont été effectuées, neuf appartenaient à des Européens, probablement tous les neuf à des Hollandais. Le dernier était celui d'un Nègre. Le côté droit et le côté gauche sont indiqués respectivement par les lettres *d* et *s*. Les périmètres sont exprimés en millimètres.

		No.	Clavicule.		Huméros.		Radius.		Cubitus.	
			d.	*s.*	*d.*	*s.*	*d.*	*s.*	*d.*	*s.*
Européens.	Hommes.	1	47	42	81	75	44	41	45	41
		2	40	38	69	65	38	34	36	40
		3	40	38	73	72	43	41	41	39
		4	40	37	84	80	42	40	37	36
		5	33	33	75	72				
		6	39	39	73	70				
	Femmes.	7	39	39	81	81	44	43	42	42
		8	33	33	63	61	35	34	36	35
		9	32	34	58	56				
Nègre, homme.....		10	41	41	67	65	46	46	39	39

Il résulte de ces mesures qu'en général les os du membre antérieur droit sont un peu plus gros que ceux du membre gauche. La différence est la plus grande chez les Européens mâles. Au contraire, chez l'unique Nègre mâle dont j'ai pu examiner le squelette, la différence est très petite et n'affecte que l'humérus seul. J'ignore si parmi les Nègres existe, comme chez les Européens, la tendance à se servir de préférence du bras droit.

Les différences trouvées sont comprises entre 1 et 6 millimètres au maximum. Mais l'inégalité devient beaucoup plus apparente lorsque, au lieu de mesurer les os, on les pèse. La pesée a d'ailleurs cet autre avantage de donner plus de garantie que la différence n'est pas bornée à un seul point de l'os, mais s'étend à toute sa masse. Malheureusement, parmi les squelettes mesurés

il n'y en avait qu'un, le N°. 4, dont les os des membres étaient détachés et pouvaient être pesés. Par contre, on put ici comprendre dans l'examen l'omoplate, qui, à cause de sa forme, ne se prête que difficilement à des mesures linéaires comparatives exactes. Voici les résultats fournis par la pesée:

	d.	*s.*
Omoplate	68,92 gramm.	66,45 gramm.
Clavicule	24,34 „	23,80 „
Humérus	155,32 „	144,30 „
Radius.	51,45 „	48,93 „
Cubitus	57,26 „	53,05 „
ensemble. . .	357,29 gramm.	336,53 gramm.

Le poids de l'ensemble des os du bras gauche (sauf la main) est donc à celui des os du bras droit dans le rapport de 100 : 106,2. La différence, qui est d'environ 6 pour cent dans le cas actuel, serait sans doute encore notablement plus grande dans d'autres cas. La somme de toutes les différences des mesures linéaires prises sur le N°. 4 est de 10 millimètres, tandis que pour le N°. 1 elle s'élève à 18 millimètres. On peut donc supposer, avec beaucoup de probabilité, que dans ce dernier cas la différence de poids atteindrait au moins 10 pour cent.

La preuve est ainsi fournie que l'habitude de faire un usage plus habituel de l'un des membres antérieurs entraîne non-seulement l'accroissement de volume des muscles, mais aussi celui des os de ce membre. Nous pouvons admettre, en toute confiance, que cette habitude a existé parmi les Européens depuis des temps très reculés: le mot latin *dexteritas*, qui a passé aussi dans la langue française, l'atteste suffisamment. Il est probable que cette prééminence reconnue à la main droite est dérivée de ce que cette main tenait le glaive, tandis que la main droite portait le bouclier. Quoi qu'il en soit, elle est si bien établie, que depuis longtemps l'emploi de la main droite, pour certaines actions, est considérée en quelque sorte comme obligatoire, comme quelque chose d'inséparable d'une bonne éducation.

On doit se demander maintenant si cette habitude, qui produit une asymétrie légère, il est vrai, mais positive du squelette humain, a déjà imprimé sur celui-ci son empreinte assez profondément pour que, dès la naissance, il existe une déviation de la symétrie des deux membres antérieurs. En d'autres termes: cette asymétrie acquise par l'habitude est-elle devenue héréditaire?

Faisons d'abord quelques remarques. Il faut distinguer deux sortes d'hérédité: celle qui se manifeste directement, lors de la naissance, par des phénomènes morphologiques bien accusés, et celle qui ne se dévoile qu'à un âge plus avancé, durant la croissance de l'animal. Tandis que la première se montre immédiatement, en *acte*, la seconde n'existe d'abord qu'en *puissance*. Il va sans dire d'ailleurs que, par cette dernière expression, nous voulons seulement faire entendre que la différence de propriétés matérielles qui constitue le fondement de l'hérédité n'est pas observable pour nous, mais nullement que cette différence n'existe pas. L'époque où l'on cherchait à expliquer les phénomènes de ce genre, et d'autres encore, par un soi-disant *nisus formativus* ou par ce qu'on appelait la „force typique", cette époque est passée depuis longtemps. En attendant, il est certain que la prédisposition à certains changements de forme peut exister chez un être organisé sans que, en dépit de nos moyens d'investigation si perfectionnés, il nous soit possible de découvrir la cause matérielle de cette prédisposition, de cette direction déterminée dans laquelle se porte l'évolution morphologique. Je doute très fort que les recherches microscopiques et microchimiques les plus minutieuses puissent faire apercevoir une différence quelconque entre les œufs de deux espèces voisines de *Helix* ou entre ceux de deux Cyprinoïdes voisins. Et pourtant, le développement, effectué dans des conditions tout à fait semblables, fera sortir de ces œufs des espèces manifestement distinctes. Il en est de même du développement asymétrique du squelette, des muscles et d'autres parties: il peut n'exister qu'à l'état de prédisposition au moment de la naissance, les jeunes sortis de l'œuf n'ayant encore rien de l'asymétrie des parents; c'est ce qui résulte des recher-

ches de M. van Beneden et de M. Steenstrup, qui nous ont appris que les Pleuronectoïdes sont symétriques en venant au jour. Il y a quelques années j'ai décrit un *Orthragoriscus ozodura* gigantesque, qui présentait une asymétrie manifeste, évidemment par suite de ce que l'animal était resté habituellement appliqué par un des côtés de son corps sur le fond de la mer, comme font les Pleuronectoïdes; tous les individus plus petits et plus jeunes de ce même genre, que j'ai eu l'occasion de voir, étaient au contraire parfaitement symétriques. J'ignore si le Narval, dont la tête devient fortement asymétrique en conséquence du développement exclusif de la dent de gauche, est symétrique en venant au monde; mais je regarde la chose comme très probable, parce que dans les cas peu nombreux où les dents arrivent à se développer toutes deux la symétrie de la tête reste conservée, de même qu'on a trouvé, dans quelques cas rares, des Pleuronectoïdes symétriques. Néanmoins, la prédisposition au développement asymétrique d'un des côtés du corps doit avoir existé dès la naissance, parce que la manière de vivre seule ne peut expliquer pourquoi, chez le Narval, c'est toujours la dent gauche qui se développe, tandis que la droite demeure rudimentaire, ni pourquoi certaines espèces de Pleuronectoïdes deviennent asymétriques à droite et d'autres à gauche.

Si maintenant nous appliquons ce qui vient d'être dit au cas spécial dont il est ici question, celui de l'asymétrie des membres antérieurs chez l'homme, il est clair que les choses pourront s'y passer de la même manière. Il serait très possible que la prédisposition à cette asymétrie se transmît héréditairement, sans que rien la dénotât déjà au moment de la naissance. Dans ce cas toutefois, la prédisposition ne pourrait être mise hors de doute que si on laissait les enfants se développer tout à fait librement, sans que parents ni surveillants cherchassent à exercer quelque influence sur eux ou les excitassent à se servir d'une de leurs mains plus que de l'autre. Mais, avec la préférence bien établie qui dans la vie ordinaire est accordée à la main droite, on doit regarder une pareille expérience comme à peu près inexécutable.

Les personnes préposées à l'éducation de l'enfant croiraient manquer à leurs devoirs si elles ne lui apprenaient de bonne heure que la main droite a une destination plus haute que la main gauche. Par cette voie il n'y a donc à attendre aucune solution du problème. Tout ce qu'on peut faire, c'est de rechercher si déjà à l'époque de la naissance il existe une asymétrie appréciable.

Dans ce but, M. Bouvin, candidat en médecine, a bien voulu, à ma prière, procéder, dans la salle d'accouchement de l'hôpital, à la mesure de la circonférence du bras et de l'avant-bras chez douze enfants nouveau-nés appartenant aux deux sexes. On conçoit qu'à cet âge si tendre, où les bras sont encore très mous et flasques, il soit difficile d'exécuter de pareilles mesures d'une manière tout à fait satisfaisante, de façon à obtenir un résultat à l'abri de toute suspicion. Quoi qu'il en soit, ce résultat a été qu'il n'existe aucune différence constante entre les circonférences des deux bras au moment de la naissance. On a bien trouvé parfois de petites différences de 1, 2 ou 3 millimètres, mais l'excès affectait aussi fréquemment le bras gauche que le bras droit, de sorte que les moyennes pour les deux côtés étaient parfaitement égales.

En tout cas, on est autorisé à conclure qu'il n'y a, lors de la naissance, aucune asymétrie des muscles tant soit peu saillante.

Pour ce qui concerne les os, il est aussi extrêmement difficile d'établir avec une certitude absolue, par la seule mesure de la circonférence, une différence déterminée. La circonférence des os chez les enfants nouveau-nés n'est que le tiers ou le quart de celle que les mêmes os atteignent chez les adultes, et comme chez ces derniers les différences restent habituellement au-dessous de quatre millimètres, on ne peut s'attendre à les voir s'élever qu'à un millimètre, tout au plus, chez les nouveau-nés; cette valeur même est improbable, vu qu'il est permis de croire que l'asymétrie est encore peu prononcée lors de la naissance et qu'elle augmente avec le temps par suite de l'usage plus fréquent des muscles. En effet, en examinant trois squelettes d'enfants nouveau-nés, j'ai bien trouvé quelques petites différences, mais

celles-ci étaient exprimées ordinairement par une fraction de millimètre; dans un cas seulement, pour un humérus, la différence s'est élevée à un millimétre. J'ai donc jugé préférable d'avoir recours à la méthode des pesées, qui, comme on l'a vu plus haut, donne des résultats beaucoup plus certains et plus exacts.

Deux squelettes d'enfants nouveau-nés ayant été choisis, les deux membres antérieurs furent détachés dans leur totalité, c'est-à-dire y compris les omoplates et les clavicules, puis nettoyés de toutes les parties adhérentes et séchés. La pesée donna les nombres suivants:

	Droit.	Gauche.
N°. 1.	10,68 gramm.	10,11 gramm.
„ 2.	12,28 „	12,04 „

Les différences accusées par ces nombres sont si grandes qu'il ne peut y avoir de doute, au moins pour les cas dont il s'agit, que le poids du bras droit ne surpasse, lors de la naissance, celui du bras gauche.

Il va sans dire que ce résultat devra être vérifié par des observations plus nombreuses, avant qu'on puisse poser comme règle générale que l'asymétrie des membres antérieurs, acquise par l'habitude, se manifeste dès la naissance, héréditairement. Tels qu'ils sont, les résultats obtenus peuvent être résumés de la manière suivante:

1°. Le bras dont on se sert le plus acquiert un plus grand volume que l'autre.

2°. Ce ne sont pas seulement les parties molles, les muscles, qui gagnent ainsi en volume et en poids: les os participent également à cette augmentation.

3°. Chez les enfants nouveau-nés cette différence n'est pas encore appréciable, par voie de mesure, pour les parties molles du bras.

4°. Au contraire, chez les enfants nouveau-nés, les os du bras droit (au moins dans les cas observés) sont un peu plus pesants que ceux du bras gauche, ce qui est dû probablement à la transmission héréditaire d'une particularité acquise par l'habitude.

SUR UNE

MÉTHODE PERFECTIONNÉE DE DOSAGE DIRECT DU FER A L'ÉTAT DE SEL FERRIQUE

AU MOYEN DE L'HYPOSULFITE DE SOUDE,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

On sait que M. Scherer a proposé le premier (*Zeitschr. f. anal. Chem.*, t. I, p. 214) de déterminer le sesquioxyde de fer par titrage au moyen de l'hyposulfite de soude, savoir, en ajoutant la dissolution de ce sel à la liqueur ferrique jusqu'à ce que la coloration en violet cesse de se produire. On sait aussi que les recherches de M. F. Mohr firent voir bientôt que cette méthode manque d'exactitude, parce que, au moment où la réaction semble prendre fin, il existe déjà un excès du réactif au sein de la liqueur, excès qui ne se laisse pas déterminer à l'aide d'une analyse par reste, vu qu'il est décomposé par l'acide libre lorsqu'on en vient — ce qui est absolument nécessaire — à chauffer le mélange.

Après que M. Mohr eut ainsi renoncé au dosage direct par l'hyposulfite de soude, MM. H. Kremer et Landolt cherchèrent à améliorer la méthode de M. Scherer et à empêcher la décomposition perturbatrice de l'hyposulfite de soude. A cet effet, ils ajoutaient de l'acétate de soude à la dissolution de l'oxyde ferrique dans l'acide chlorhydrique, pour neutraliser cet acide nuisible et le remplacer dans la liqueur par de l'acide acétique libre, qui n'exerce aucune action décomposante sur l'excès d'hyposulfite de soude. La

réduction du sesquioxyde de fer étant achevée, on mesure, d'après MM. Kremer et Landolt, l'excès d'hyposulfite au moyen de la dissolution d'iode.

La méthode de MM. Kremer et Landolt, de même que celle proposée postérieurement par M. Mohr (réduction du sel ferrique au moyen d'un excès d'iodure de potassium et détermination de l'iode mis en liberté), conduit ainsi au but par un détour. Même après les travaux de ces divers chimistes, la détermination *directe* proprement dite du sesquioxyde de fer par l'hyposulfite de soude demeurait donc à l'état de problème non résolu.

Un heureux hasard m'a conduit à la découverte d'un moyen qui permet d'exécuter le dosage direct de l'oxyde de fer *en une seule opération*, sans réduction préalable (comme dans le dosage par le caméléon minéral), et cela avec une exactitude qui, à ce que je crois, ne laisse rien à désirer pour la plupart des applications.

Avant de passer à la description de ma méthode, arrêtons nous un instant à la réaction de l'hyposulfite de soude sur la dissolution de sesquioxyde de fer en présence d'acide chlorhydrique libre.

L'hyposulfite de soude est rapidement décomposé par les acides minéraux énergiques libres, même en dissolution étendue, et le résultat est le même, soit que l'on verse l'acide dans la dissolution du sel sodique, ou le sel sodique dans l'acide. Mais les choses se passent d'une manière toute différente quand on ajoute de l'acide chlorhydrique à une dissolution ferrique qui ne soit pas trop concentrée, et qu'on y verse ensuite peu à peu de l'hyposulfite de soude, en observant la précaution que celui-ci ne prédomine pas.

Dans ces conditions, si l'on opère à froid, il ne se dégage pas d'acide sulfureux et il ne se précipite pas de soufre, l'acide hyposulfureux mis en liberté se transformant en acide tétrathionique:

$$2\ S_2O_3\ Na_2 + Fe_2\ Cl_6 + 2\ HCl = S_4\ O_6\ H_2$$
$$+ 4\ Na\,Cl + 2\ Fe\,Cl_2$$

Par l'addition de chlorure de baryum à une dissolution de

perchlorure de fer réduite de la manière indiquée, il est facile de se convaincre qu'il ne s'est pas formé une trace d'acide sulfurique.

Lorsqu'on fait bouillir la liqueur, qui ne contient encore aucun excès d'hyposulfite de soude, l'acide tétrathionique libre se décompose, il est vrai, et on peut alors constater par le chlorure de baryum la présence de l'acide sulfurique; mais la quantité de précipité est minime et se trouve, d'après mon expérience, hors de toute proportion avec la quantité totale d'acide tétrathionique.

Je me suis assuré que, même en chauffant avec circonspection, il n'est pas possible d'obtenir une détermination certaine du sesquioxyde de fer par le titrage au moyen de l'hyposulfite de soude et du sulfocyanure de potassium comme indicateur. Toutefois, les résultats sont meilleurs qu'on ne s'y serait attendu: en général, j'obtins des valeurs qui étaient trop fortes de 2 à 6 centièmes.

Mais, de la manière suivante, on fait disparaître à la fois tous les défauts de cette méthode si belle en principe, et on parvient à déterminer très-rapidement et très-exactement le sesquioxyde de fer dans une dissolution acide.

On ajoute à la dissolution de sel ferrique, qui peut contenir une proportion assez notable d'acide chlorhydrique libre (*V.* les résultats expérimentaux), *une ou deux gouttes d'une dissolution d'un sel cuivrique*, et ensuite du sulfocyanure de potassium en quantité telle que la liqueur soit colorée en rouge foncé (je prends 2 — 5 cent. cub. d'une dissolution à 1 p. c.). On fait alors couler de la burette l'hyposulfite de soude. Immédiatement on remarque que la coloration violette bien connue, qui s'observe passagèrement lorsque des solutions ferriques *pures* et de l'hyposulfite de soude arrivent en contact, ne se montre pas, et que la couleur rouge de la dissolution pâlit graduellement à mesure que l'hyposulfite continue de couler. Cette décoloration se manifeste d'une manière très-prononcée localement, là où la liqueur d'épreuve rencontre la dissolution du sel ferrique. Au commencement, on peut laisser couler le sel sodique (pendant qu'on agite la liqueur) en jet continu; mais plus tard il faut se

tenir sur ses gardes et attendre pendant quelques secondes après l'addition de chaque goutte nouvelle. Il va sans dire que par l'exercice on apprend bientôt à juger approximativement à quelle distance on se trouve encore de la fin de l'opération. Finalement, la liqueur devient incolore comme de l'eau, supposé qu'on n'a pas ajouté (ce qui est d'ailleurs inutile) une trop grande quantité de sel cuivrique. La liqueur peut sans danger être portée à une chaleur tiède (environ 40° C.), ce qui accélère la réaction, surtout dans la dernière période. En tout cas, même en s'abstenant de chauffer la liqueur, on n'a besoin que de quelques minutes pour exécuter l'analyse.

Le sel cuivrique détermine donc la réduction rapide du sel ferrique; on peut se représenter son intervention en supposant que c'est d'abord sur lui que se porte l'action réductrice de l'hyposulfite de soude, mais qu'immédiatement après le sel cuivreux formé réagit sur le sel ferrique. D'après cette manière de voir, la même quantité de sel cuivrique subirait indéfiniment une réduction et une oxydation alternatives, et jouerait en quelque sorte le rôle d'une substance de contact.

La quantité de sel cuivrique nécessaire est d'ailleurs très minime, car j'ai déjà obtenu un effet bien marqué avec ¼ de milligramme de sulfate de cuivre cristallisé. Je ferai observer en passant que d'autres substances, telles que l'acide nitrique par exemple, exercent une action analogue, mais en troublant la marche régulière de l'opération.

Lorsque la dissolution est décolorée, c'est-à-dire lorsque tout le sel ferrique est réduit, le sel cuivrique est à son tour ramené d'une manière permanente à l'état de sel cuivreux [1]), et s'il n'a pas

---

[1]) Je ne sache pas qu'on ait indiqué d'une manière précise comment les choses se passent dans la réduction des sels cuivriques par l'hyposulfite de soude. D'après mon expérience, cette réduction donne naissance également à de l'acide tétrathionique, et en admettant, avec beaucoup de chimistes, la formation d'un hyposulfite double sodico-cuivreux, la réaction pourrait être formulée ainsi:

$$4\ S_2O_3Na_2 + 2\ SO_4Cu = 2\ SO_4Na_2 + S_4O_6Na_2 + S_4O_6Cu_2Na_2$$

été ajouté en quantité trop faible, il se forme au bout de quelque temps un précipité blanchâtre de sulfocyanure cuivreux.

On voit par ce qui précède que je ne fais aucune difficulté d'utiliser comme indicateur le sulfocyanure de potassium, bien que M. F. Mohr se soit prononcé contre l'emploi de cette substance (*Zeitschr. f. anal. Chem.*, t. II, p. 244). Je ne puis, en effet, partager l'opinion de M. Mohr au sujet de l'impropriété du sulfocyanure, et je dois même avouer qu'il ne m'a pas été donné d'observer la coloration rouge qui se manifesterait transitoirement au contact du sulfocyanure de potassium avec les sels ferreux, bien que j'aie opéré exactement de la même manière que M. Mohr et avec beaucoup de soin.

Un point qui mérite d'être signalé expressément, c'est que, relativement à la concentration de la dissolution ferrique et la proportion d'acide libre, on peut se mouvoir entre des limites très larges sans que l'exactitude de la méthode s'en trouve affectée. Un grand excès d'acide chlorhydrique libre aurait, il est vrai, des inconvénients, mais il est facile d'éviter un pareil excès.

Pour ce qui regarde l'exactitude de la méthode, les résultats communiqués plus loin pourront en donner la mesure. A cet égard, du reste, je dois m'en remettre à l'appréciation des chimistes qui voudront bien essayer mon procédé.

En terminant je ferai encore remarquer que la détermination de l'oxyde de fer par la méthode décrite n'est pas entravée par la présence des sels des alcalis, de strontiane, de chaux, de magnésie, de protoxyde de manganèse et d'alumine. Les sels de cobalt et de nickel, lorsqu'ils ne se trouvent pas en trop forte proportion et qu'ils ne font pas obstacle par leur couleur, sont également sans influence. Il en est encore de même des sels cuivriques. Ils ne sont réduits, comme il a été dit, qu'à partir du moment où tout le sel ferrique a été transformé en sel ferreux. Quand leur quantité est petite, ils ne gênent guère par leur coloration ; lorsqu'ils existent en proportion plus considérable, la couleur bleue diminue naturellement la netteté de la réaction finale ; jusqu'à un certain

point, toutefois, on peut corriger cette influence par la dilution préalable de la liqueur.

Résultats expérimentaux.

Préparation de la liqueur d'épreuve.

La dissolution de l'hyposulfite de soude (à $\frac{1}{10}$ de titre normal) avait été préparée avec du sel parfaitement pur (24,8 grammes sur 1 litre), et, après un titrage préalable au moyen de grandes quantités de dissolution d'iode à $\frac{1}{10}$ (préparée avec de l'iode sublimé 2 fois), elle avait été amenée au degré de concentration convenable.

Première série d'essais.

24,1 grammes d'alun ferri-ammonique furent dissous dans 500 cc. d'eau, avec addition de quelques cc. d'acide chlorhydrique concentré. Chaque cc. de cette liqueur devait correspondre à 1 cc. de la dissolution d'hyposulfite. Je trouvai:

Solution ferrique		$S_2O_3Na_2$
10 cc.	=	10,0 cc.
40 „	=	40,0 „
20 „	=	19,9 „
100 „	=	100,5 „
25 „	=	24,95 „
25 „	=	25,0 „

Deuxième série d'essais.

5,6168 gramm. de fil de fer de clavecin furent dissous dans l'acide chlorhydrique, avec addition de chlorate potassique, et la liqueur, après avoir été bouillie avec l'acide chlorhydrique pour décomposer le chlorate en excès, fut amenée à occuper le volume de 2 litres. En admettant que le fer contînt 99,7 p. c. de métal pur, 2 cc. de la solution ferrique devaient correspondre à 1 cc. d'hyposulfite. Je trouvai:

Solution ferrique		$S_2O_3Na_2$
20 cc.	=	10,0 cc.
40 „	=	20,05 „
60 „	=	29,95 „
100 „	=	50,10 „
200 „	=	100,05 „

Troisième série d'essais.

Pour opérer à l'abri de toute idée préconçue, j'exécutai aussi quelques essais avec différentes quantités de fer et de sels ferriques dont la teneur en métal ou en oxyde ne fut calculée qu'après l'achèvement des essais.

A. 3,576 grammes d'alun ferri-ammonique furent dissous dans l'eau, avec addition d'un peu d'acide chlorhydrique, et portés à 300 cc.

Cette solution exigea pour:

			F_2O_3 trouvé:	Fe_2O_3 calculé:
N° 1.	100 cc.	24,6 cc. de $S_2O_3Na_2$	0,1965	0,1978
2.	100 „	24,8 „ „	0,1984	0,1978
3.	100 „	24,8 „ „	0,1984	0,1978
			0,5932	0,5934.

B. 4,0200 grammes d'alun ferri-ammonique furent traités comme ci-dessus et portés à 300 cc.

Cette solution exigea pour:

			F_2O_3 trouvé:	Fe_2O_3 calculé:
N° 1.	100 cc.	27,7 cc. de $S_2O_3Na_2$	0,2216	0,2224
2.	100 „	27,8 „ „	0,2224	0,2224
3.	100 „	27,7 „ „	0,2216	0,2224
			0,6656	0,6672.

C. 2,6055 grammes d'alun ferri-ammonique furent traités comme ci-dessus et portés à 250 cc.



Cette solution exigea pour:

				Fe_2O_3 trouvé:	Fe_2O_3 calculé:
N° 1.	100 cc.	21,45	cc. de $S_2O_3Na_2$	0,1716	0,1730
2.	100 „	21,6	„ „	0,1728	0,1730
3.	50 „	21,7	„ „	0,0856	0,0865
				0,4300	0,4325.

D. 0,4980 grammes de fil de fer de clavecin furent dissous dans l'acide chlorhydrique et le chlorate potassique, et, après ébullition avec un excès d'acide chlorhydrique, portés à 300 cc.

Cette solution exigea pour:

				Fe trouvé:	Fe calculé à 99,7 p. c.
N° 1.	100 cc.	29,8	cc. de $S_2O_3Na_2$	0,1669	0,1655
2.	100 „	29,6	„ „	0,1658	0,1655
3.	100 „	29,6	„ „	0,1658	0,1655
				0,4985	0,4965

Influence de la dilution.

25 cc. de dissol. de Fe_2Cl_6 à $\frac{1}{10}$ de titre norm. exigèrent 25 cc. de $S_2O_3Na_2$ à $\frac{1}{10}$ de titre norm.

25 〃 〃 avec 50 cc. d'eau 〃 25,05 〃 〃

10 〃 〃 avec 100 cc. 〃 〃 10,00 〃 〃

(Il fallut pour ces essais quelques minutes de plus que pour un essai exécuté dans les conditions ordinaires.)

Pour éprouver si une dissolution plus concentrée se laisserait traiter également sans difficulté, on fit les essais suivants:

A. 0,1953 grammes de fil de fer de clavecin furent dissous dans l'acide chlorhydrique et le chlorate potassique; la liqueur, fortement acidifiée par l'acide chlorhydrique, fut mise en ébullition jusqu'à ce qu'il ne se dégagea plus de chlore d'une manière perceptible. Le volume de la liqueur fut alors amené, en ajoutant de l'eau, à 20 cc., après quoi on y versa de l'hyposulfite sodique.

Il fallut 34,9 de la liqueur d'épreuve.

Par conséquent:

Fe calculé:	Fe trouvé:
0,1946	0,1954

B. 3,3680 grammes de sulfate ferroso-ammonique furent dissous dans une petite quantité d'eau et d'acide chlorhydrique, la liqueur fut oxydée par le chlorate potassique, la portion de ce sel restée intacte fut décomposée par ébullition avec un excès d'acide chlorhydrique, puis on ajouta assez d'eau pour obtenir un volume d'environ 150 cc. On dut employer 85,7 cc. de la liqueur d'épreuve.

Par conséquent:

Fe calculé:	Fe trouvé.
0,4811	0,4799

Influence de l'acide chlorhydrique libre.

25 cc. Fe_2Cl_6 à $\frac{1}{10}$ de titre normal et 1 cc. d'acide chlorhydrique fumant exigèrent 25.0 cc. $S_2O_3Na_2$

25 〃 + 2 cc. Cl H fumant	〃	25,0 〃	〃
25 〃 + 3 〃 〃 〃	〃	25,0 〃	〃
25 〃 + 4 〃 〃 〃	〃	25,2 〃	〃
25 〃 + 5 〃 〃 〃	〃	25,0 〃	〃
25 〃 + 6 〃 〃 〃	〃	25,1 〃	〃
25 〃 + 8 〃 〃 〃	〃	26,1 〃	〃
25 〃 + 10 〃 〃 〃	〃	26,2 〃	〃
25 〃 + 15 〃 〃 〃	〃	26,5 〃	〃

SUR LA

SYNTHÈSE DE L'ACIDE TÉRÉPHTALIQUE,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

Les belles recherches de M. Carius (*Ann. Ch. Pharm.*, t. 148, p. 50 et 99) ont montré que, sous l'influence des agents d'oxydation, la benzine peut donner naissance à l'acide benzoïque et à l'acide phtalique, par la substitution d'un ou de deux radicaux $C O_2 H$ à la place d'un ou de deux atomes d'hydrogène. Dans la synthèse de l'acide benzoïque les choses se passent, d'après M. Carius, de cette manière: l'acide formique qui résulte de l'oxydation de la benzine et la benzine en excès elle-même perdent chacun un atome d'hydrogène, et les restes $C O_2 H$ et $C_6 H_5$ s'unissent ensemble:

$$C_6 H_6 + C H_2 O_2 + O = O H_2 + C_6 H_5, C O_2 H.$$

Quant à l'acide phtalique, on peut supposer qu'il prend naissance en vertu de la réaction suivante:

$$C_6 H_6 + 2 (C H_2 O_2) + O_2 = 2 (O H_2) + C_6 H_4, (C O_2 H)_2,$$

ou bien, on peut le considérer comme un dérivé de l'acide benzoïque, dont la formation serait représentée par l'équation:

$$C_6 H_5, C O_2 H + C H_2 O_2 + O = O H_2 + C_6 H_4, (C O_2 H)_2.$$

La réalité de cette dernière réaction a été mise, en tout cas, hors de doute par M. Carius, qui a préparé l'acide phtalique en traitant directement l'acide benzoïque par le peroxyde de manganèse et l'acide sulfurique. Ce savant dit dans son mémoire (pag. 72): „l'acide formique et l'acide phtalique sont ici

les seuls produits de la réaction, abstraction faite de l'acide carbonique qui se montre comme produit de décomposition."

Or j'ai trouvé qu'il n'en est pas ainsi, et qu'il se forme aussi de l'acide *téréphtalique.*

Voulant préparer un échantillon d'acide phtalique pur, je suivis le procédé indiqué par M. Carius (p. 72 de son mémoire). Le matras dans lequel le mélange était chauffé cassa par accident avant la fin de l'opération; j'arrivai toutefois encore assez à temps pour sauver le liquide ainsi que l'acide benzoïque qui n'avait pas encore été attaqué. Pour séparer ce dernier du peroxyde de manganèse et le purifier ultérieurement, je lavai avec de l'eau le résidu non dissous, le fis bouillir ensuite avec de la chaux et beaucoup d'eau, filtrai et concentrai la liqueur.

Pendant cette concentration il se déposa successivement, en croûtes très volumineuses, un sel calcaire fort peu soluble, ce qui me fit soupçonner immédiatement la présence d'une substance étrangère. Malheureusement, j'avais déjà jeté le mélange de chaux et de peroxyde de manganèse, qui avait dû contenir, sans aucun doute, encore beaucoup de téréphtalate calcique; je me vis donc réduit à une très-faible quantité de matière pour rechercher la nature de la substance qui m'était inconnue.

Je ne tardai pas à remarquer que l'acide extrait du sel calcaire difficilement soluble renfermait encore, outre l'acide benzoïque, une substance presque insoluble dans l'eau bouillante. La voie à suivre pour séparer cette substance à l'état de pureté était ainsi indiquée, et, en opérant avec précaution, je parvins bientôt à isoler environ $\frac{1}{2}$ gramme d'une matière blanche, pulvérulente, que les caractères suivants me firent reconnaître comme étant de l'acide téréphtalique.

La matière était un acide, presque insoluble dans l'eau bouillante, dans l'alcool et dans l'éther, très facilement soluble dans les alcalis. Précipitée par l'acide chlorhydrique d'une dissolution ammoniacale très étendue et chaude, elle se desséchait sur le filtre en une masse papyracée, d'un éclat soyeux. Elle se sublimait à une température assez élevée, sans éprouver de fusion préalable.

L'analyse de l'acide purifié conduisit au résultat suivant:

0,2275 gramm. de l'acide (séché à 110° C.) donnèrent 0,4825 gr. CO_2 et 0,0804 gr. H_2O.

	calculé	trouvé
C_8	57,8	57,8
H_6	3,6	3,9
O_4	38,6	—

Toutes ces propriétés de la substance s'accordaient avec celles de l'acide téréphtalique. De nouvelles expériences confirmèrent le fait de la formation de cet acide, comme phénomène constant, dans l'action du peroxyde de manganèse et de l'acide sulfurique sur l'acide benzoïque. Pour établir avec toute certitude l'identité de l'acide obtenu avec l'acide téréphtalique, j'étudiai encore principalement les caractères physiques de l'éther éthylique et de l'éther méthylique.

1. Une petite partie de l'acide blanc pulvérulent fut broyée avec du perchlorure de phosphore, puis mise en digestion. La masse se liquéfia peu à peu, et, après volatilisation de l'oxychlorure de phosphore qui s'était formé, il resta une substance blanche (chlorure de téréphtalyle), qui montrait clairement çà et là une structure cristalline, et possédait une odeur piquante rappelant de loin celle du chlorure de benzoyle. Par addition d'alcool absolu, digestion, filtration et évaporation lente, j'obtins un résidu solide (éther téréphtalique), d'une odeur analogue à celle de l'éther nitrobenzoïque, très soluble dans l'alcool, et fondant exactement à 44° C. La quantité de cette matière que j'avais à ma disposition était trop faible pour que je pusse en faire l'analyse.

2. Une portion plus considérable de l'acide fut également transformée, en la chauffant avec $2\frac{1}{2}$ fois son poids de PCl_5, en chlorure du radical acide, et à l'aide de cette combinaison, débarrassée aussi complétement que possible du PCl_3O formé, puis traitée par l'alcool méthylique, on prépara l'éther méthylique correspondant.

Le corps ainsi obtenu était difficilement soluble dans l'alcool; aprés cristallisation il se montra comme un amas d'aiguilles plates,

blanches et très-brillantes, qui fondaient à 140° C. et se sublimaient sans décomposition.

Voici le résultat de l'analyse de cette substance:

0,2176 gramm. donnèrent 0,1125 gr. H_2O et 0,4936 gr. CO_2.

	trouvé	d'après la formule $C_6H_4(CH_2)_2O_4$
C	61,9	61,9
H	5,1	5,2

On voit par tout ce qui précède que l'acide en question est bien réellement de l'acide téréphtalique. L'accord parfait qui se manifeste entre les points de fusion trouvés par moi (avec un thermomètre très exact) et ceux indiqués par M. Schwanert (*Ann. Ch. Pharm.*, t. 133, p. 268) ne laisse aucun doute à cet égard.

La quantité d'acide téréphtalique qu'on obtient par cette méthode est très faible. En traitant 30—50 grammes d'acide benzoïque par le peroxyde de manganèse et l'acide sulfurique, suivant le procédé de M. Carius, je ne retirai, après une action de quatre jours, que 0,7 à 1 gramme d'acide téréphtalique. Mais le produit était très-pur, comme le prouve l'analyse communiquée plus haut; d'ailleurs, après avoir séparé l'acide téréphtalique [1]), on retrouve la majeure partie de l'acide benzoïque employé, qui peut alors servir pour une opération suivante.

Je veux encore fixer l'attention sur une propriété de l'éther éthyl-téréphtalique qui me paraît être très caractéristique pour cette combinaison, et qui, par suite, pourra être utilisée peut-être pour reconnaître de petites quantités d'acide téréphtalique.

Lorsqu'on fond une petite quantité de l'éther sur un verre de montre, ou qu'on évapore sa dissolution alcoolique concentrée sur une lame de verre plane, à l'aide de la chaleur, et qu'ensuite on étend la masse fondue à la surface du verre en inclinant celui-ci de part et d'autre, le liquide ne se solidifie pas immédia-

[1]) Je filtre le mélange après l'avoir étendu d'eau; le résidu lavé est épuisé par l'ammoniaque diluée; puis les acides benzoïque et téréphtalique sont précipités de la solution ammoniacale, et séparés au moyen de l'eau chaude, qui ne dissout que très-peu d'acide téréphtalique.

tement (M. Schwanert dit à l'endroit cité que l'éther ne reprend l'état solide qu'à 29° C.), mais reste pendant quelque temps, d'après mon expérience parfois pendant plusieurs minutes, dans un état de surfusion. Peu à peu on voit apparaître en différents points de très-petits cristaux, qui forment autant de centres d'où divergent ensuite des aiguilles cristallines. Finalement, le verre se trouve recouvert d'un bel enduit cristallin, qui adhère assez fortement et qui a quelque ressemblance avec les arborisations du givre sur les vitres. Je me suis assuré qu'en opérant sur quelques milligrammes d'acide téréphtalique, qu'on transforme, d'abord en chlorure de téréphtalyle en le chauffant sur un verre de montre avec un grain de perchlorure de phosphore, puis, après volatilisation de l'oxychlorure de phosphore, en éther éthylique au moyen de quelques gouttes d'alcool, il est facile d'observer distinctement le phénomène de cristallisation dont je viens de parler.

DENSITÉS

DE QUELQUES DISSOLUTIONS SALINES,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

Il y a quelques années, à l'occasion de recherches entreprises avec mon ami M. Hoek sur les indices de réfraction des liquides [1]), je déterminai la densité de quelques dissolutions salines à différents degrés de dilution. A l'aide des chiffres obtenus à cette époque, j'ai calculé maintenant les densités (réduites au vide) qui correspondent à des proportions centésimales entières de sel solide cristallisé. Les tableaux suivants font connaître ces densités:

1) Sulfate magnésique cristallisé $\left.\begin{matrix}\overset{''}{S}O_2\\ \overset{''}{Mg}\end{matrix}\right\}O_2 + 7$ aq.

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ
0	0.9996	50	11	1.0548	51	22	1.1125	54	33	1.1736	57
1	1.0046	50	12	1.0599	51	23	1.1179	55	34	1.1793	57
2	1.0096	50	13	1.0650	52	24	1.1234	55	35	1.1850	58
3	1.0146	50	14	1.0702	52	25	1.1289	55	36	1.1908	57
4	1.0196	50	15	1.0754	53	26	1.1344	55	37	1.1965	58
5	1.0246	50	16	1.0807	52	27	1.1399	55	38	1.2023	59
6	1.0296	50	17	1.0859	52	28	1.1454	56	39	1.2082	59
7	1.0346	50	18	1.0911	53	29	1.1510	56	40	1.2140	
8	1.0396	50	19	1.0964	54	30	1.1566	56			
9	1.0446	51	20	1.1018	53	31	1.1622	57			
10	1.0496	51	21	1.1071	54	32	1.1679	57			

---

[1]) *Recherches sur la quantité d'éther contenue dans les liquides*, par M. Hoek et A. C. Oudemans, La Haye, M. Nijhoff, 1864.

2) Nitrate magnésique cristallisé $Mg\begin{cases}ONO_2\\ONO_2\end{cases} + 6\,aq.$

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ
0	0.9993	41	13	1.0550	44	26	1.1151	49	39	1.1857	52
1	1.0034	42	14	1.0594	45	27	1.1200	48	40	1.1909	52
2	1.0076	42	15	1.0639	46	28	1.1248	49	41	1.1961	53
3	1.0118	42	16	1.0685	45	29	1.1297	50	42	1.2014	54
4	1.0160	42	17	1.0730	46	30	1.1347	49	43	1.2068	54
5	1.0202	43	18	1.0776	46	31	1.1396	50	44	1.2122	54
6	1.0245	43	19	1.0822	47	32	1.1446	51	45	1.2176	55
7	1.0288	43	20	1.0869	46	33	1.1497	50	46	1.2231	55
8	1.0331	43	21	1.0915	46	34	1.1547	52	47	1.2286	55
9	1.0374	44	22	1.0961	47	35	1.1649	51	48	1.2341	56
10	1.0418	44	23	1.1008	48	36	1.1700	52	49	1.2397	
11	1.0462	44	24	1.1056	47	37	1.1752	52			
12	1.0506	44	25	1.1103	48	38	1.1804	53			

3) Chlorure magnésique cristallisé $Mg\,Cl_2 + 6\,aq.$

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ
0	0.9993	40	13	1.0517	41	26	1.1061	42	39	1.1628	45
1	1.0033	40	14	1.0558	41	27	1.1103	43	40	1.1673	45
2	1.0073	40	15	1.0599	42	28	1.1146	43	41	1.1718	45
3	1.0113	41	16	1.0641	41	29	1.1189	43	42	1.1763	46
4	1.0154	40	17	1.4682	42	30	1.1232	43	43	1.1809	46
5	1.0194	40	18	1.0724	41	31	1.1275	44	44	1.1855	46
6	1.0234	40	19	1.0765	42	32	1.1319	44	45	1.1901	47
7	1.0274	40	20	1.0807	42	33	1.1363	44	46	1.1948	47
8	1.0314	41	21	1.0849	42	34	1.1407	44	47	1.1995	47
9	1.0355	40	22	1.0891	42	35	1.1451	44	48	1.2042	
10	1.0395	40	23	1.0933	43	36	1.1495	45			
11	1.0435	41	24	1.0976	42	37	1.1540	44			
12	1.0476	41	25	1.1018	43	38	1.1584	44			

4) Nitrate manganeux cristallisé $\overset{\prime\prime}{Mn}\left\{\begin{matrix}ONO_2\\ONO_2\end{matrix}\right.$ + 6 aq.

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 8° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 8° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 8° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 8° C.	Δ
0	0.9999	50	19	1.1020	58	38	1.2214	69	57	1.3618	80
1	1.0049	50	20	1.1078	59	39	1.2283	69	58	1.3698	81
2	1.0099	51	21	1.1137	59	40	1.2352	69	59	1.3779	82
3	1.0150	52	22	1.1196	60	41	1.2421	70	60	1.3861	83
4	1.0202	51	23	1.1256	60	42	1.2491	71	61	1.3944	83
5	1.0253	52	24	1.1316	61	43	1.2562	71	62	1.4027	84
6	1.0305	53	25	1.1377	61	44	1.2633	72	63	1.4111	85
7	1.0358	53	26	1.1438	62	45	1.2705	73	64	1.4196	85
8	1.0411	53	27	1.1500	62	46	1.2778	73	65	1.4281	86
9	1.0464	53	28	1.1562	62	47	1.2851	74	66	1.4367	87
10	1.0517	54	29	1.1624	64	48	1.2925	74	67	1.4454	88
11	1.0571	55	30	1.1688	64	49	1.2999	75	68	1.4542	89
12	1.0626	55	31	1.1752	64	50	1.3074	76	69	1.4631	90
13	1.0681	55	32	1.1816	65	51	1.3150	76	70	1.4721	90
14	1.0736	56	33	1.1881	65	52	1.3226	77	71	1.4811	
15	1.0792	56	34	1.1946	66	53	1.3303	78			
16	1.0848	57	35	1.2012	67	54	1.3381	78			
17	1.0905	58	36	1.2079	67	55	1.3459	79			
18	1.0963	57	37	1.2146	68	56	1.3538	80			

5) Acétate plombique cristallisé $\overset{\prime\prime}{Pb}\left\{\begin{matrix}OC_2H_3O\\OC_2H_3O\end{matrix}\right.$ + 3 aq.

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ
0	0.9993	64	9	1.0589	70	18	1.1243	78	27	1.1981	88
1	1.0057	64	10	1.0659	70	19	1.1321	78	28	1.2069	89
2	1.0121	65	11	1.0729	71	20	1.1399	79	29	1.2158	90
3	1.0186	65	12	1.0800	72	21	1.1478	81	30	1.2248	91
4	1.0251	66	13	1.0872	73	22	1.1559	82	31	1.2339	93
5	1.0317	67	14	1.0945	73	23	1.1641	83	32	1.2432	93
6	1.0384	68	15	1.1018	74	24	1.1724	84	33	1.2525	
7	1.0452	68	16	1.1092	75	25	1.1808	86			
8	1.0520	69	17	1.1167	76	26	1.1894	87			

6) Nitrate zincique cristallisé $\overset{''}{Zn}\left\{\begin{matrix}ONO_2\\ONO_2\end{matrix}\right. + 6$ aq.

Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ	Prop. cent. de sel crist.	Densité à 14° C.	Δ
0	0.9993	52	13	1.0708	59	26	1.1515	66	39	1.2422	74
1	1.0045	52	14	1.0767	59	27	1.1581	66	40	1.2496	75
2	1.0097	53	15	1.0826	60	28	1.1647	67	41	1.2751	76
3	1.0150	54	16	1.0886	61	29	1.1714	68	42	1.2647	77
4	1.0204	54	17	1.0947	60	30	1.1782	68	43	1.2724	78
5	1.0258	54	18	1.1007	62	31	1.1850	69	44	1.2802	78
6	1.0312	55	19	1.1069	62	32	1.1919	70	45	1.2880	80
7	1.0367	56	20	1.1131	63	33	1.1989	71	46	1.2960	80
8	1.0423	56	21	1.1194	63	34	1.2060	71	47	1.3040	80
9	1.0479	57	22	1.1257	64	35	1.2131	72	48	1.3120	81
10	1.0536	57	23	1.1321	64	36	1.2203	73	49	1.3201	81
11	1.0593	57	24	1.1385	65	37	1.2276	73	50	1.3292	
12	1.0650	58	25	1.1450	65	38	1.2349	73			

SUR L'EMPLOI DU THÉORÈME D'AVOGADRO

DANS LA CHIMIE.

PAR

J. W. GUNNING,
d' Amsterdam.

Le *Bulletin de la Société chimique de Paris*, Janvier 1869, pag. 47, renferme une analyse d'un mémoire „Sur les formules moléculaires et les densités de vapeur anomales", qui a paru, en 1867, dans un recueil dont j'ai entrepris la publication sous le titre de: *Scheikundige bijdragen uit het Laboratorium van het Athenaeum Illustre te Amsterdam.* Dans cette analyse, probablement par suite de sa trop grande concision, ma pensée, à certains égards, n'est pas rendue très fidèlement, ce qui m'engage à la reproduire ici sous une forme légèrement modifiée, en tenant compte des objections qui m'ont été faites.

Les formules chimiques veulent être aujourd'hui des formules moléculaires, c'est-à-dire qu'on s'applique à leur faire exprimer les plus petites quantités de matière qui peuvent entrer en réaction l'une avec l'autre et exister à l'état libre.

Pour obtenir les poids moléculaires, c'est-à-dire les quantités pondérales relatives des différents corps, représentées par des formules moléculaires, on se sert de données de deux espèces:

1° de données physiques, empruntées au théorème d'Avogadro;

2° de données chimiques, déduites des rapports pondéraux dans lesquels les corps, pris en masse, agissent l'un sur l'autre.

Pour la détermination des poids moléculaires le théorème d'Avogadro s'emploie sous cette forme :

$$M = 2 S,$$

dans laquelle M est le poids moléculaire et S la densité à l'état gazeux, prise par rapport à l'hydrogène.

Cette formule comprend en même temps l'hypothèse que la molécule de l'hydrogène se compose de deux atomes, hypothèse qui ne repose pas sur le théorème d'Avogadro, car celui-ci ne fournit absolument aucune indication au sujet du nombre d'atomes qui entrent dans la molécule de ce corps. Le nombre 2 a été adopté comme le plus simple, vu que les considérations chimiques défendent de supposer dans la molécule d'hydrogène un nombre d'atomes plus petit.

Or le fait qu'on s'est laissé guider uniquement par des considérations chimiques dans la fixation du nombre d'atomes de la molécule avogadrienne de l'hydrogène, est, à mon avis, la source de beaucoup de confusion. C'est uniquement cette confusion qui a donné naissance, par exemple, au problème des densités de vapeur anormales. Je n'ai pas prétendu, ainsi qu'on me l'a fait dire dans l'article cité, qu'en signalant la faute commise on résout le problème en question; je me suis borné à dire, ce qui est bien différent, que ce problème n'existe pas, qu'il n'a pas de raison d'être.

Pour reconnaître qu'il en est ainsi, il faut commencer par bien se rendre compte de ce qu'on doit entendre par le mot „molécule." Ainsi que toutes les notions physiques, l'idée de molécule est une pure abstraction, déduite des faits, ou, comme Berzélius l'exprime, avec une clarté et une simplicité qu'on ne saurait dépasser, une manière de se représenter l'intérieur des phénomènes. Toute notion physique se rapporte donc à un seul et même ordre de phénomènes, pour lesquels elle joue à peu près le rôle d'un *terme technique*, destiné à représenter sous forme concrète certains traits généraux de ces phénomènes. Chacune de ces notions, découlant ainsi d'une catégorie déterminée de phénomènes, ne peut être appliquée à d'autres phénomènes, à moins que ceux-ci

ne soient reconnus être de la même espèce que les premiers.

Pour mieux faire saisir ma pensée, qu'il me soit permis de citer un exemple. Le mot „masse'' représente une notion empruntée spécialement aux phénomènes de mouvement dont l'intensité est indépendante de la nature de la matière, par exemple, aux effets dus à l'action de la pesanteur. Mais, précisément à cause de cela, la notion de masse ne peut être employée dans le même sens lors de la considération des attractions et répulsions électriques, dont l'intensité n'est pas indépendante de la nature de la matière. Une masse électrique est évidemment quelque chose de tout autre que la masse mise en mouvement par une force mécanique. Il est possible qu'entre ces deux espèces de masses il existe une certaine relation; mais celle-ci ne peut être dévoilée qu'en étudiant et comparant, à l'abri de toute idée préconçue, les deux ordres de phénomènes.

Une réserve analogue doit être faite à l'égard des molécules. Les molécules d'Avogadro sont les molécules physiques, résultant de la division physique des gaz poussée jusqu'à ses dernières limites; ce sont les individus qui composent les masses gazeuses.

Les molécules chimiques, au contraire, sont obtenues en se représentant les poids relatifs des masses matérielles qui agissent chimiquement l'une sur l'autre, réduits autant que possible, et en les rapportant à celui dés éléments qui peut agir chimiquement par la quantité la plus petite, savoir à l'hydrogène. Mais, comme les poids moléculaires s'expriment par les poids atomiques des éléments que les molécules renferment, et que la plus petite quantité d'hydrogène qui peut agir chimiquement contient deux atomes, on prend, avec raison, le chiffre 2 pour le poids moléculaire de cet élément.

Provisoirement, nous avons à distinguer nettement ces deux espèces de molécules, comme appartenant à deux ordres de phénomènes bien différents, l'un physique, l'autre chimique.

Mais il est clair que les lois des volumes de Gay-Lussac établissent entre ces deux espèces de molécules un rapport numérique simple; ce rapport se laisse formuler ainsi: la

molécule physique équivaut à un nombre entier de fois la molécule chimique. Cette dernière, prise *n* fois, exprime le poids de la première. Quant au nombre *n*, nous ne savons pas ce qu'il est, et eussions-nous même des raisons pour le regarder comme connu à l'égard d'un certain corps, il ne s'en suivrait nullement, qu'il aurait la même valeur pour un autre corps.

Pour approcher autant que possible de la connaissance de la valeur de *n*, nous devons nous figurer les choses de la manière suivante :

Les rapports des densités à l'état gazeux donnent pour un certain nombre de corps les poids relatifs de leurs molécules physiques, tandis que le poids moléculaire, déduit des observations chimiques, fixe la *valeur minimum* qui peut être attribuée au poids de la molécule physique de chacun de ces corps. Nous sommes donc en présence de ce problème très simple: Étant donnée une série de nombres proportionnels et une valeur minimum pour chacun de ces nombres, déterminer: par quels nombres il faut exprimer la première série pour satisfaire, à l'égard de chacun des corps qu'elle renferme, à la condition énoncée en dernier lieu.

Par exemple: nous avons pour la densité (à l'état gazeux) de quelques corps les valeurs suivantes:

Hydrogène	Chlore	Ammoniaque	Acide chlorhydrique	Pentachlorure de phosphore	Sel ammoniac
1 :	35,5 :	8,5 :	18,25 :	51,125 :	13,25

et pour le poids moléculaire chimique de ces mêmes corps les nombres:

2	71	17	36,5	208,5	53,5

Ces derniers nombres sont donc les valeurs minimum que les termes de la première série puissent avoir. Pour satisfaire à cette condition, la première série doit évidemment être multipliée par 4.

En conséquence, les plus petits nombres par lesquels on peut représenter les poids relatifs des substances en question sont:

4 :	142 :	34 :	73 :	208 :	53,5

et les formules destinées à représenter les plus petites quantités

de ces substances, qui puissent exister à l'état libre, doivent être nécessairement les suivantes:

$(H^2)^2$ $(Cl^2)^2$ $(NH^3)^2$ $(ClH)^2$ $PhCl^5$ $ClNH^4$

Si l'on trouvait des corps dont la densité de vapeur fût encore moindre que ¼ de la valeur du plus petit poids moléculaire qui pourrait leur être assigné en vertu des considérations chimiques, le facteur pour la multiplication devrait s'accroître dans la même proportion.

Telle est, à mon avis, la seule voie naturelle à suivre pour faire servir les données dont on dispose, à la détermination des poids relatifs des plus petites quantités des corps qui puissent exister à l'état libre.

Il faut maintenant préciser l'erreur dans laquelle on est tombé en traitant ce problème, et signaler les conséquences de cette erreur.

On a donné la formule

$$M = 2\,S$$

comme une formule générale pour la détermination des poids moléculaires et des formules moléculaires.

Comme 2 S, c'est-à-dire 2, est le poids qu'on doit attribuer, en vertu de considérations chimiques, à la molécule de l'hydrogène, on voit que, pour cet élément, on a supposé simplement la molécule physique et la molécule chimique égales l'une à l'autre.

Pour se convaincre que tel est bien le sens que les chimistes ont attaché intentionnellement à cette formule, on n'a qu'à consulter les définitions de la molécule qu'on trouve dans la plupart des Traités de chimie. On verra que toujours les deux définitions de la molécule, comme la plus petite quantité de matière qui puisse exister à l'état libre, et comme la plus petite quantité qui puisse agir chimiquement, sont, ou bien identifiées explicitement, ou bien employées comme équivalentes. Même dans le *Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie* de MM. Buff, Zamminer et Kopp, — qui se distingue d'ailleurs à un si haut degré par l'exactitude des définitions, — on lit à la page 556: „En tant que les poids moléculaires sont les plus petites quantités relatives des corps, qui puissent exister à l'état libre, elles

doivent aussi indiquer les plus petites quantités des corps, qui puissent prendre part à des réactions chimiques".

La confusion que je signale ne s'est introduite que graduellement dans la science. J'appelle l'attention du lecteur sur le passage suivant de la Lettre de M. Ampère à M. Berthollet (*Annales de Chimie*, 1814, T. XC, pag. 73): „Plusieurs chimistes ont cherché à parvenir au même résultat (savoir à la détermination des poids moléculaires — ou poids des particules, comme les appelait Ampère —) en déterminant les poids respectifs qui entrent toujours un nombre entier de fois dans les corps qui en sont composés. Ces proportions ne conduisent à des résultats conformes à l'expérience, que parce qu'elles sont toujours des multiples ou des sous-multiples des poids respectifs des atomes (Ampère les nomme molécules); mais lorsqu'on en fait usage, *rien ne peut indiquer combien de proportions d'un corps simple doivent entrer dans un de ses composés.*" Ensuite je citerai ce que dit Gerhardt dans son *Introduction à l'étude de la Chimie par le système unitaire*, pag. 59: „Si une molécule d'oxygène se compose d'atomes pesant chacun 16, et une molécule d'hydrogène d'atomes pesant chacun 1, la molécule d'eau peut d'après cela se composer de 1 atome d'oxygène et de 2 atomes d'hydrogène, *ou de n fois ce nombre d'atomes.*" Ces passages montrent assez clairement que les chimistes de l'époque étaient très éloignés de regarder comme identiques les poids des molécules physiques des corps et ceux de leurs masses chimiquement actives. Si l'on veut accorder également à ces dernières grandeurs le nom de molécules, on ne doit jamais oublier que ces molécules sont d'une autre espèce que celles dont parle le théorème d'Avogadro. Celles-ci sont des réalités physiques, les particules individuelles des gaz, celles-là des nombres proportionnels exprimant les masses chimiques les plus réduites des corps. Il n'y a absolument aucune raison pour reconnaître à ces dernières grandeurs une existence individuelle. Prises un nombre entier de fois, elles constituent les molécules physiques, mais la valeur la plus vraisemblable de ce nombre doit être déterminée, non par le raisonnement, mais par l'expérience, et en

admettant qu'elle peut être différente d'un corps à un autre.

Voyons maintenant quelles ont été les conséquences de l'erreur commise.

Si la règle $M = 2\ S$ n'avait pas été envisagée comme d'application générale, il n'aurait pu être question d'exceptions trouvées à cette règle. Il est clair que si l'on avait posé

$$M = S \times n$$

et déduit la valeur minimum de n, comme il a été dit ci-dessus, des poids moléculaires chimiques, *le problème des densités de vapeur anormales ne se serait jamais offert à l'esprit des chimistes.*

Mais, vu qu'il n'en a pas été ainsi, on a senti le besoin d'expliquer les cas, qui se sont présentés comme des exceptions à la règle admise, et la voie à suivre pour trouver cette explication était indiquée par la forme sous laquelle ces exceptions se présentent. On sait qu'un certain nombre de corps possèdent une densité de vapeur qui n'est que la moitié de la valeur minimum qu'on peut assigner à leur poids moléculaire d'après la composition et les réactions. Pour ramener ces corps à la règle, on a admis qu'en se volatilisant, ou à quelques degrés plus haut, ils se décomposent en leurs deux éléments les plus prochains. Une molécule se partage en deux, le nombre des molécules et par conséquent aussi le volume de la vapeur sont doublés, et la densité de cette dernière se réduit naturellement à la moitié de ce qu'on avait attendu.

Il est incontestable que nous devons à cette hypothèse maint raisonnement ingénieux, destiné à la rendre acceptable, et mainte expérience importante, ayant pour but d'en démontrer la justesse. Sous divers rapports la science en a retiré beaucoup de profit, mais je ne crois pas qu'un juge impartial des discussions qui ont eu lieu à ce sujet puisse se ranger parmi les partisans de l'hypothèse en question, à moins qu'il ne veuille sauver à tout prix la règle de la condensation en deux volumes.

Il ne rentre pas dans mon cadre, de passer en revue les discussions et les expériences qui ont été soulevées à l'occasion de ce problème. Il suffira, je pense, de rappeler les points suivants.

Les chimistes qui défendent l'hypothèse dont il s'agit, sont restés jusqu'à présent en défaut de produire un seul cas où un corps de cette espèce est décomposé *entièrement* en ses éléments prochains, à quelques degrés au-dessus de son point d'ébullition ou de sublimation et alors que sa vapeur se comporte comme un gaz (ce qu'on reconnaît à la constance du coefficient de dilatation pendant un certain intervalle de température.)

Quant à une décomposition partielle de ces corps pendant la vaporisation ou pendant qu'on chauffe leur vapeur, personne ne niera qu'elle ne puisse et même ne quelle doive avoir lieu. La belle théorie de la dissociation de M. Deville, dont les bases expérimentales ne sont contestées par aucun chimiste, est là pour expliquer ce phénomène.

Mais, entre la dissociation commençante et la décomposition totale il y a, pour beaucoup de corps, des centaines de degrés de l'échelle thermométrique, et, de ce que la première se manifeste dans un corps qui se volatilise, il n'est pas permis de conclure, sans autres preuves, à l'existence de la seconde.

Il est toutefois extrêmement difficile, et peut-être impossible, de distinguer avec certitude un mélange de deux gaz, chauffé à une température élevée, d'une combinaison chimique de ces gaz, à l'état de vapeur. Mais, d'un autre côté, le chimiste qui se prévaut de cette difficulté, devrait reconnaître aussi qu'un seul exemple bien constaté d'un corps faisant partie des exceptions en question et pouvant exister à l'état gazeux sans décomposition, est, à proprement parler, suffisant pour renverser la théorie. Or, de pareils exemples, on en trouverait plus d'un. Je me contente de citer les suivants. Tout récemment encore M. Debray a montré, avec la dernière évidence, que la vapeur de calomel, à 440°, ne contient pas de mercure libre, et que par conséquent le minimum de poids moléculaire qu'on peut lui assigner d'après les faits chimiques ($Hg^2 Cl^2$, $Hg = 200$) répond à 4 S. A l'égard du cyanure d'ammonium, on sait qu'il prend naissance à une température rouge vif, tandis que, dès la température de 100°, sa vapeur possède une

densité qui ne représente que la moitié de la molécule $C N^2 H^4$. [1])

Si l'on se rappelle maintenant que la règle

$$M = 2 S$$

n'est pas basée sur l'expérience, mais est la conséquence de l'hypothèse tout à fait arbitraire que la molécule d'hydrogène, prise à l'état de liberté, n'est pas plus grande que la quantité de cet élément qui prend part aux réactions chimiques; et si l'on remarque, en outre, que les exceptions à cette règle, présentées par le chlorure d'ammonium, l'acide sulfurique, le cyanure d'ammonium, le calomel, le pentachlorure de phosphore et beaucoup d'autres substances, ne peuvent être écartées que d'une manière très forcée et qui est en contradiction avec des faits bien constatés; alors on sera obligé d'admettre, avec MM. Deville, Cahours et autres, que les poids moléculaires de de ces corps représentent, non pas 2, mais 4 volumes de vapeur.

D'après cela, si l'on veut maintenir la règle d'Avogadro, il faudra, pour tous les corps dont les formules correspondent à 2 volumes de vapeur, doubler ces formules; on devra écrire:

$(H^2)^2$, $(Cl^2)^2$, $(Br^2)^2$, $(Ph^4)^2$, $(S^2)^2$, $(Hg)^2$, $(Cl\,H)^2$, $(N H^3)^2$, $(N H^2 [C^2H^5])^2$, $(CH^4)^2$, H^2SO^4, $(C^2H^4O^2)^2$, $(C^2H^3 [C^2H^5] O^2)^2$, $C^2H^3(N H^4) O^2$, $H^3 Ph O^4$, $Cl N H^4$, $Br N H^4$, Id Ka, $(Fe^2Cl^6)^2$, $Cl^2 Fe$, $(Hg\,Cl^2)^2$, $Hg^2\,Cl^2$, $N^2\,O^4$ (†), etc. (§).

---

[1]) M. Marignac a cherché dernièrement à résoudre la question de la décomposition dans le passage à l'état de vapeur, en ce qui concerne le sel ammoniac, par une méthode nouvelle et très rationnelle, savoir en comparant la chaleur de volatilisation de ce sel avec la chaleur de combinaison de Cl H et $N H^3$. Il a trouvé que ces deux grandeurs ne diffèrent pas beaucoup l'une de l'autre. Si ce résultat était mis tout à fait hors de doute, il constituerait en effet la preuve, que le sel ammoniac ne peut être volatilisé sans décomposition. Mais, quand on prend connaissance des détails de l'expérience, on s'aperçoit que M. Marignac n'a pas soumis le sel ammoniac à la température minimum nécessaire pour le volatiliser, mais à une chaleur rouge manifeste. Personne n'oserait affirmer que, dans de pareilles conditions, il n'y ait pas eu d'autre chaleur rendue latente que la chaleur de volatilisation.

(†) Voyez: MM. Deville et Troost, *Comptes rendus*, T. LXIV, pag. 237.

(§) M. le rapporteur dans le *Bulletin*, (*l. c.* pag. 49) dit dans une note: „On



De pareilles formules apporteraient un grand embarras dans nos équations chimiques, mais celles-ci en deviendraient probablement plus exactes. Je ferai remarquer que la réaction chimique type, celle de la double décomposition, prendrait par l'adoption de ces formules un caractère de généralité beaucoup plus prononcé. Le sel ammoniac, par exemple, ne se formerait plus par combinaison, mais par double décomposition :

$$\left.\begin{matrix} Cl\,H \\ Cl\,H \end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix} N\,H^3 \\ N\,H^3 \end{matrix}\right\} = Cl\,N\,H^4 + Cl\,N\,H^4.$$ [1]).

L'anomalie que présentent les molécules de mercure, de cadmium, de zinc, composées d'un seul atome, disparaîtrait. La formule $N\,O^2$, radicalement en désaccord avec l'atomicité de l'azote, serait remplacée par $N^2\,O^4$, qui satisfait à toutes les exigences, etc.

Toutefois, ces avantages ne sont pas assez grands pour justifier l'emploi général de ces formules, et d'ailleurs ils peuvent

---

ne résout pas la question des densités anormales en doublant la plupart des formules." Mais — il n'y a pas à résoudre une question, il y a seulement à écarter une question qui n'a pas le droit d'exister. Quant à ce qui suit dans cette note: „On peut toujours se demander pourquoi la molécule de sel ammoniac ne contient que $Cl\,N\,H^4$, tandis que celle d'acide chlorhydrique renferme deux fois $H\,Cl$;" pour y répondre, je n'ai qu'à rappeler qu'on est d'accord sur ceci, que la molécule de P et celle de N contiennent deux fois autant et celle de Hg, de Zn, de Cd moitié moins d'atomes que n'en contiennent la molécule de H et celle de Cl, sans qu'il vienne à l'esprit de personne d'en demander la raison. Il serait bien irrationnel de ne pas admettre dans les corps composés une diversité de composition moléculaire qu'on a admise depuis longtemps pour des éléments, c'est-à-dire pour des corps qu'on n'a pas encore pu décomposer.

[1]) Un volume d'hydrogène se combine avec un volume de chlore, sans condensation. On en a conclu que les molécules de ces gaz élémentaires doivent contenir chacune au moins deux atomes.

Un volume d'acide chlorhydrique se combine avec un volume d'ammoniaque, également sans condensation.

Peut-on, sans motifs bien fondés, se refuser à regarder ces deux cas comme parfaitement analogues et à en tirer une conclusion identique?

être obtenus également bien en fondant nos formules moléculaires uniquement sur la composition et sur les réactions chimiques. C'est là la seule base assurée pour la chimie, et cette base est aussi parfaitement suffisante. Le théorème d'Avogadro n'appartient pas au domaine de la chimie : il se rapporte à des molécules individuelles, existant à l'état de repos (chimique), et qui, vraisemblablement, contiennent un grand nombre de fois les grandeurs entre lesquelles se passent les actions chimiques (les molécules chimiques.) Représenter ces dernières par nos formules, voilà tout ce qu'il nous faut; vouloir davantage est une prétention vaine, inutile et propre à engendrer de la confusion dans les notions fondamentales.

Cette confusion s'est malheureusement déjà introduite plus ou moins dans la chimie, et il est bon de fixer l'attention sur ce point, surtout dans l'intérêt de l'enseignement.

Ainsi, en définissant l'atome comme la plus petite quantité d'un élément qui entre dans une molécule composée, il est nécessaire d'ajouter expressément qu'il s'agit ici de la molécule chimique, c'est-à-dire de la plus petite quantité d'un corps qui prenne part à des réactions chimiques. La détermination des poids atomiques des éléments ne peut reposer par conséquent sur la considération de la densité de vapeur de leurs combinaisons.

Les densités des éléments eux-mêmes à l'état gazeux ne peuvent pas davantage être considérées comme proportionnelles aux poids atomiques. Si l'on admet que l'atome d'oxygène pèse 16 fois autant que l'atome d'hydrogène, ce ne doit être qu'en vertu de considérations purement chimiques, et c'est seulement en rapprochant le rapport ainsi obtenu des densités de l'oxygène et de l'hydrogène, qu'on arrive à conclure que les molécules physiques de ces deux gaz contiennent un même nombre d'atomes.

En résumé, l'idée de laquelle nous devons partir, c'est que les molécules dont s'occupe le théorème d'Avogadro sont autre chose que les grandeurs entre lesquelles s'exercent les forces chimiques, c'est-à-dire autre chose que les molécules chimiques.

Celles-ci, nous pouvons bien, dans nos équations chimiques, les traiter comme des individus, mais elles n'existent pas comme tels à l'état libre. Réunies en certaine quantité, elles constituent la molécule physique, et le nombre des molécules chimiques, qui entrent ainsi dans la molécule physique, peut être différent d'un corps à un autre. Il est même rationnel d'admettre qu'il peut varier dans le même corps suivant la diversité des états physiques que celui-ci présente.

La densité à l'état de vapeur ne nous fait juger que des poids relatifs des molécules physiques, et ceux-ci ne peuvent nous servir pour la détermination des poids atomiques et des poids moléculaires chimiques.

Le seul service que nous rende, *sous ce rapport*, la connaissance des densités à l'état de vapeur, c'est que celles-ci fournissent des valeurs minima, des valeurs qui sont toujours égales à 1, 2, 3,... *n* fois les grandeurs dont les chimistes ont à s'occuper exclusivement, le poids atomique et le poids moléculaire.

NOTE SUR LES FORMULES CONNUES

DE

L'ÉQUILIBRE INTÉRIEUR D'UN CYLINDRE CREUX ET D'UNE SPHÈRE CREUSE.

PAR

L. COHEN STUART.

Les formules exactes pour les forces intérieures et pour les extensions et compressions dans le cas de l'équilibre d'un cylindre creux et d'une sphère creuse d'épaisseur finie, sous l'action d'une pression répartie uniformément sur la surface interne, d'un côté, et sur la surface externe, de l'autre, ont été données pour la première fois par MM. Lamé et Clapeyron, comme application des équations générales de l'équilibre intérieur des corps élastiques (*Mémoires des Savants étrangers, présentés à l'Institut de France*, T. IV, 1833).

L'importance que les résultats obtenus présentent pour les applications a engagé différents auteurs à chercher une méthode de démonstration plus élémentaire et plus directe. Dans ces tentatives, toutefois, on est parti ordinairement d'une hypothèse erronée, qui était d'autant plus séduisante que sa fausseté ne se trahissait pas dans les résultats propres aux forces intérieures, mais pouvait ressortir seulement de ceux relatifs aux extensions et compressions, pour lesquelles les formules exactes avaient acquis une notoriété moins générale.

Je m'étais proposé d'offrir à notre Académie, pour ses Comptes rendus, une démonstration rigoureuse et très concise des formules en question. Mais comme je trouve le sujet traité à peu près de la même manière dans l'ouvrage publié par M. Grashof, en 1866, sous le titre de *Festigkeitslehre*, je me bornerai aux remarques suivantes.

Lorsqu'un parallélépipède rectangulaire, homogène et d'élasticité constante, est soumis à des forces extérieures, dirigées normalement et distribuées uniformément sur les faces opposées, et

ayant respectivement des intensités φ_1, φ_2 et φ_3 par unité carrée de ces faces, l'extension relative dans la direction de φ_1 est représentée par $E\varphi_1 - \alpha(\varphi_2 + \varphi_3)$, expression dans laquelle E et α sont des coefficients constants, déterminés par la nature de la matière. — L'hypothèse erronée à laquelle il a été fait allusion plus haut répond à $\alpha = 0$. Or, la solution exacte montre que les forces intérieures sont tout à fait indépendantes de E et de α, tandis que les extensions et les compressions dépendent à la fois de l'un et de l'autre. C'est ce qui explique pourquoi la fausseté de la supposition $\alpha = 0$ ne se fait sentir que dans les résultats relatifs à ces dernières.

La démonstration des formules concernant le cylindre me paraît laisser, aussi bien chez M. Grashof que chez M. Lamé dans ses *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*, une petite lacune qu'il est aisé de faire disparaître.

L'un et l'autre auteur partagent le cylindre creux, par des surfaces cylindriques concentriques, en écales, et admettent qu'aucune force tangentielle ne se fera sentir sur ces écales, dans la supposition que le cylindre ne soit soumis, dans la direction de son axe, qu'à des forces, ou bien nulles, ou bien uniformément distribuées sur la section transversale perpendiculaire. Comme il y a, dans la direction du rayon, des forces de compression, et dans la direction perpendiculaire aux sections méridiennes, des forces d'extension qui agissent sur les éléments des écales, il me semble que l'admission, sans autre preuve, du point en question n'est pas suffisamment justifiée. — Mais rien n'empêche, dans les raisonnements, de supposer d'abord les écales libres de toute liaison entre elles. Or, comme on trouve que dans ce cas, pour une force extérieure parallèle à l'axe, répartie uniformément sur la section transversale, mais d'ailleurs de grandeur quelconque, le changement de longueur est le même pour toutes les écales successives, il est évident que la liaison, qui en réalité existe entre les écales, ne peut donner lieu à aucune force tangentielle.

NOTE SUR LA PRESSION EXERCÉE SUR LES POINTS D'APPUI,

PAR

L. COHEN STUART.

Euler a fait voir que l'évaluation des pressions qu'exerce sur les points d'appui le poids d'un corps reposant sur un plan horizontal par un nombre quelconque de points, devient un problème déterminé lorsqu'on suppose que le corps est parfaitement rigide et que les points d'appui cèdent dans la direction des pressions qui s'y exercent et proportionnellement à ces pressions.

On peut dire la même chose d'un corps limité par une surface quelconque, reposant sur un nombre quelconque de surfaces d'appui et soumis à des forces quelconques.

Soit $F = 0$ l'équation de la surface du corps soutenu, rapportée à des axes des ξ, η et ζ supposés liés à ce corps.

Soient $f_1 = 0 \ldots f_i = 0 \ldots f_n = 0$ les équations des surfaces d'appui par rapport aux axes fixes des x, y et z.

Soit $F^1 = 0$ l'équation $F = 0$ ramenée aux axes des x, y et z, et contenant alors les six grandeurs α, β, γ, θ, φ et ψ, qui déterminent la position des axes des ξ, η et ζ par rapport à ceux des x, y et z.

Pour que $F^1 = 0$ touche $f_i = o$ en un certain point $x = x_i$, $y = y_i$, $z = z_i$, il faut que les x_i, y_i, z_i satisfassent à :

$$F^1 = 0, \ f^i = 0,$$

$$\frac{dF^1}{dx} \cdot \frac{df_i}{dz} = \frac{df_i}{dx} \cdot \frac{dF^1}{dz}, \ \frac{dF^1}{dy} \cdot \frac{df_i}{dz} = \frac{df_i}{dy} \cdot \frac{dF^1}{dz}.$$

On obtient ainsi $4n$ équations, qui comprennent $n - 6$ équations de condition, vu qu'il n'y a à disposer que de $3n + 6$ grandeurs, savoir les valeurs $\alpha \ldots \psi$ et celles de x_i, y_i, z_i.

Supposons que ces équations de condition soient satisfaites, que l'on ait trouvé les valeurs de $\alpha \ldots \psi$ et de x_i, y_i et z_i, et que l'on ait déterminé également les angles $N_i\,x$, $N_i\,y$, $N_i\,z$, que la normale au point d'appui, prise de l'extérieur vers l'intérieur de la surface d'appui, fait avec les x, y et z.

Si alors D_i représente la pression et $\mu_i\,D_i$ le déplacement qu'elle produit sur le point d'appui, les x_i, y_i, z_i subissent les

changements μ_i D_i *cos.* N_i x, μ_i D_i *cos.* N_i y et μ_i D_i *cos.* N_i z.

Les valeurs modifiées de x_i, y_i et z_i doivent satisfaire à $F^1 = 0$, après que les valeurs $\alpha \ldots \psi$ ont été remplacées dans cette équation par les valeurs nouvelles $\alpha + \Delta\alpha \ldots \psi + \Delta\psi$. Il en résulte n équations entre les D_i, $\Delta\alpha \ldots \Delta\psi$, qui, jointes aux six équations d'équilibre entre les réactions — D et les forces données, peuvent servir à déterminer les pressions et en même temps la position modifiée du corps soutenu.

Le cas où le corps est limité par une surface dont la position est déterminée par moins de six conditions, mérite une attention spéciale.

Même alors, il faut toujours six conditions pour assigner à chaque point du corps en particulier une place déterminée.

Prenons pour exemple une sphère, soumise à des forces qui dépendent des coördonnées du centre α. β, γ, et des angles θ, φ et ψ indiquant les directions des axes liés à la sphère, et qui soient déterminées, en grandeur et en direction, par ces coördonnées et ces angles. — L'équation $F^1 = 0$ de ci-dessus ne contient alors que les α, β, γ, mais non les θ, φ, ψ. — Le contact de la sphère avec les n surfaces $f_i = 0$ est lié à $n - 3$ équations de condition. — Les valeurs de x_i, y_i et z_i, modifiées de μ_i D_i *cos.* N_i x, μ_i D_i *cos.* N_i y et μ_i D_i *cos.* N_i z, doivent satisfaire à l'équation $F^1 = 0$, après qu'on y a fait subir à α, β, γ, les modifications $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$. — Il en résulte n équations entre les D_i, $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$. Les six conditions d'équilibre renferment en outre les θ, φ et ψ. Le nombre des équations est donc de nouveau égal à celui des inconnues $n + 6$.

Lorsque les forces qui agissent sur la sphère ne dépendent, en grandeur et en direction, que de la position du centre, les θ, φ et ψ disparaissent entièrement. Les $n + 6$ équations dont il vient d'être question comprennent alors 3 équations de condition, qui répondent à la condition, exprimée par trois équations, que les forces agissant sur la sphère doivent avoir une résultante dont la direction passe par le centre.

Cette même condition doit aussi être remplie dans la première hypothèse. Toutefois, les équations qui y répondent ne sont plus alors des équations de condition pour la possibilité de la solution, mais des équations entre inconnues.

NOTICE SUR

DEUX ESPÈCES TERTIAIRES NOUVELLES DU GENRE

MATHILDIA (DE O. SEMPER).

PAR

J. BOSQUET.

Monsieur O. Semper ayant reconnu qu'il existe à l'état fossile, dans divers étages tertiaires, un groupe de petits Gastéropodes qui ont entre eux des caractères communs nettement tranchés et des affinités bien évidentes, en a publié, en 1865, dans le *Journal de Conchyliologie*, une sorte de Monographie. Il a eu parfaitement raison d'envisager ce Groupe comme formant un Genre distinct qui doit être rangé dans la famille des *Pyramidellacées*. Il a proposé pour cette coupe générique le nom de *Mathilda* [1]).

Dans cette Monographie Mr. Semper a fait connaître, du Genre *Mathildia*, onze espèces, dont trois ont déjà été décrites antérieurement, à savoir: 1°. le *Turbo* (Turritella) *quadricarinatus* Brocchi, 1814, *Conchiliologia fossile Subapennina*, pag. 375, pl. VII, fig. 6; 2°. le *Cerithium fimbriatum* Michelotti, 1847, *Précis de la Faune miocène de l'Italie Septentrionale*, pag. 193, pl. XVI, fig. 23 et 23[1], et 3°. la *Scalaria* (Eglisia) *impar* Deshayes, *Animaux sans vertèbres du Bassin de Paris*, Supplément, 1861, Tome II, page 353, pl. XIV, figures 1—3. Les 8 autres espèces sont données par l'auteur comme nouvelles; mais il n'en a fait figurer que six.

---

[1]) J'ai cru devoir changer la terminaison de ce nom en *ia*, pour le faire accorder avec les règles de la nomenclature.



Depuis la publication du Mémoire de Mr. Semper, Mr. Ad. von Koenen a fait connaître dans le courant de la même année, c'est-à-dire en 1865 [1]), une espèce nouvelle de ce Genre, savoir la *Mathildia tripartita* du terrain oligocène de Helmstedt près de Braunschweig. Il a donné en même temps, d'une espèce voisine, la *Mathildia scabrella*, déjà décrite par Mr. Semper et pareillement propre au terrain oligocène inférieur, de nouvelles figures. Ces figures, bien plus exactes que celles du paléontologiste d'Altona, font parfaitement ressortir les caractères différentiels de la *Math. scabrella* Semper, d'avec l'espèce nouvelle, rapportée d'abord à tort au Genre *Cerithiopsis.*

Après l'apparition du Mémoire précité de Mr. von Koenen, il n'a plus été publié, à ma connaissance, de nouvelles espèces de ce Genre intéressant. Comme je possède, dans ma collection, deux espèces passablement bien conservées, et qui me paraissent nouvelles, j'ai cru rendre service à la Science en les faisant connaître; ce sont:

1. Mathildia clathratula nov. spec.

Fig. 1, *a*, *b*, et 2, *a—c*.

Testâ minori, conoïdeâ, anfractibus septem; primo laevi, intermediis carinato-angulatis, et superficie costellis planatis transversalibus, aut spiralibus quatuor, costellisque longitudinalibus numerosis nodoso-cancellatâ; anfractus ultimi parte in medianis obtectâ, adhuc costellis aut cingulis planatis transversalibus duabus ornatâ, medio laeviusculâ et planulatâ; columellâ subrectâ; aperturâ trapezoïdali; labio tenui, aperto, simplici; (labro incognito).

Coquille assez petite, conoïdale; composée de 7 tours: le premier de ces tours est lisse et n'offre que quelques lignes d'ac-

[1]) *Die Fauna der unter-oligocänen Tertiärschichten von Helmstedt bei Braunschweig* (*Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, Jahrgang 1865).

croissement peu marquées, il est renversé et brusquement contourné de gauche à droite; les six autres sont ornés d'un grand nombre de côtes longitudinales assez minces, à peu près égales en grosseur et régulièrement espacées; ils sont ornés en travers ou plutôt en spirale de deux carènes et de quatre côtes aplaties: l'une de ces carènes est fortement saillante, l'autre, en dessous de la suture supérieure, est beaucoup moins apparente; des quatre côtes, les plus larges sont celles qui surmontent les carènes; en dehors de ces quatre côtes le dernier tour en montre encore deux autres, sur la partie qui, dans les tours moyens, est recouverte ou masquée. Toutes les côtes en spirale, vues à l'aide d'un instrument fortement grossissant, paraissent passer, sous forme de bandes, à la surface des petites côtes longitudinales, en produisant ainsi des nodosités aux points d'intersection. La columelle est presque droite. L'ouverture présente un contour obscurément trapézoïdal; son bord droit est cassé dans l'échantillon représenté par les figures 2, *a—c*, le gauche est lisse et formé par une lame assez mince qui recouvre la columelle et qui est un peu évasée à la base.

Dimensions. L'échantillon presque complet représenté par la figure 1, *a*, est le plus grand qui a été trouvé; il a six millimètres de longueur et son dernier tour a 2,9 mm. d'épaisseur.

Rapports et Différences. En jugeant d'après les figures données par Mr. Michelotti de son *Cerithium fimbriatum* = *Mathildia fimbriata* du terrain miocène des environs de Tortone, il semble que c'est de cette espèce que celle qui nous occupe se rapproche le plus par la forme générale. Elle s'en distingue cependant par ses côtes longitudinales distantes, par ses bandes ou cercles transversaux espacés, ainsi que par la forme de son ouverture.

Gisement et Localités. La *Mathildia clathratula* semble être fort rare dans le terrain miocène supérieur (Beyrich) = diestien (Dumont) près de Rekken et de la Giffel dans la Gueldre. Elle a été trouvée pareillement, dans des couches du même âge = crag noir ou diestien, à Deurne près d'Anvers par Mr. Paul Cogels. Dans cette dernière localité elle paraît être également très-rare.

2. Mathildia gracilis nov. spec.

Figures, 3, *a—c.*

Testâ elongato-turritâ, anfractibus novem depressis, suturâ vix conspicuâ; costis transversalibus vel spiralibus valde inaequalibus: duabus validioribus planatis prope suturam inferiorem, atque tribus multo minoribus, subobsoletis et approximatis in parte superiore anfractuum, et lamellis longitudinalibus exilissimis regularibus in interstitiis costarum, sepimenta formantibus; anfractus ultimi parte basali, id est in alteris anfractibus obtectâ, planatâ costellisque duabus circumdatâ; columellâ subrectâ; aperturâ rotundato-subtetragonali, margine interno simplici, tenui, aperto; (externo, in descripto specimine, non conservato).

L'unique échantillon que je connais jusqu'ici de cette intéressante espèce est formé de 9 tours de spire, séparés par une suture à peine visible à l'aide d'une forte loupe, mais située au fond d'un sillon assez profond. Le premier tour, qui est un peu usé, est lisse comme dans les autres espèces du Genre; les autres tours sont déprimés; ils sont ornés de cinq côtes transversales ou spirales qui sont très-inégales en grosseur; deux de ces côtes, assez épaisses et aplaties, sont séparées entre elles et de la suture par un sillon profond; les trois autres sont minces et très-rapprochées. Les tours sont ornés, en outre, d'un très-grand nombre de lamelles longitudinales, régulièrement espacées, franchissant distinctement la surface des côtes, et semblant former, dans les interstices de ces dernières, de petites cloisons [1]). La columelle est lisse, presque droite. L'ouverture est arrondie, obscurément tétragonale (le bord droit est cassé), le bord gauche est simple et couvre la columelle sous forme d'une lame mince un peu élargie et évasée à la base.

[1]) Sur les deux derniers tours ces lames sont un peu effacées à la surface des deux grosses côtes transversales; mais elles ont laissé des traces tellement évidentes de leur existence antérieure, que j'ai cru ne pas devoir les omettre dans mon dessin.

Dimensions. Longueur 1 centimètre, épaisseur 3,5 mm.

Rapports et Différences. Elle a les plus grands rapports avec les *Mathildia annulata* Semper et *impar* Desh. sp.; elle diffère de toutes deux 1°. par ses tours de spire beaucoup plus déprimés, 2°. par les ornements de sa surface et 3°. par sa forme plus grêle.

Gisement et Localités. Elle a été recueillie dans le terrain oligocène inférieur à Léthen, près de Bilsen, dans le Limbourg belge. Elle y est fort rare, car, malgré des recherches nombreuses, je n'en possède jusqu'ici qu'un seul échantillon.

EXPLICATION DES FIGURES.

Figs. 1 et 2, MATHILDIA CLATHRATULA Bosq.

1, *a.* Echantillon adulte, fortement grossi.

b. Trait, indiquant la grandeur naturelle.

2, *a.* Jeune individu, à ouverture presque complète, fortement grossi.

b. Le même échantillon, grossi de même, vu par l'extrémité antérieure.

e. Trait, indiquant la longueur naturelle.

Fig. 3, *a—c.* MATHILDIA GRACILIS Bosq.

a. Echantillon presque complet, fortement grossi.

b. Le même échantillon, grossi de même, et vu par l'extrémité antérieure.

c. Trait, indiquant la grandeur naturelle.

NOTE SUR UN BOIS PÉTRIFIÉ.

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

Il y a quelque temps M. le Docteur J. de Vry m'envoya, avec prière d'en faire l'examen, quelques morceaux de bois du *Colbertia ovata*, arbre qui croît à Java et auquel les naturels du pays donnent le nom de Kajou Sempounn (*Kajou* signifie bois); je reçus en outre un fragment du même bois, qui s'était pétrifié par le séjour prolongé dans l'eau d'un certain ruisseau. Ce fragment avait tout à fait l'aspect extérieur d'un grès brunâtre et ne trahissait en rien son origine organique. L'examen microscopique de la masse pierreuse montra toutefois immédiatement qu'on avait bien réellement affaire à un bois pétrifié: sur une lame mince et polie la structure ligneuse était encore très-distinctement reconnaissable.

Pour obtenir quelque éclaircissement au sujet des modifications chimiques qu'avaient éprouvées les éléments inorganiques du bois, et au sujet de la cause à laquelle la pétrification pouvait être attribuée, je fis l'analyse tant de la cendre du bois, que de la masse pierreuse dans laquelle il s'était transformé.

Le bois séché à l'air donna 1,9 pour cent de cendre, de la composition suivante:

Acide silicique	58,8
Acide phosphorique	1,8
Acide carbonique	8,6
Oxyde de fer	1,5
Alumine,	trace
Oxyde de manganèse	0,1
Chaux	12,8
Magnésie	2,7
Potasse	11,3
Soude	1,8
	99,4

La cendre n'avait pas un aspect homogène, mais consistait en partie en une poudre fine et blanche, en partie en aiguilles assez longues, blanches et tenaces; ces dernières contenaient plus de silice que la matière pulvérulente, je crois même qu'elles en étaient formées presque uniquement.

Le bois pétrifié montra la composition suivante:

Acide silicique	98,0
Acide phosphorique. Oxyde de fer. Alumine	1,3
Chaux	trace
Matière organique et eau	0,7
	100,0

En comparant les deux analyses, on voit que la proportion assez forte de chaux et de potasse que contenait le bois a disparu pendant la pétrification. Il me semble que le phénomène chimique qui a donné lieu à la transformation pourrait être interprété de la manière suivante.

L'eau dans laquelle la pétrification du bois s'opère renferme probablement, outre l'acide silicique dissous, beaucoup d'acide carbonique; l'acide silicique se dépose successivement dans le bois, pendant que les bases, chaux, magnésie, potasse et soude, sont dissoutes sous l'influence de l'acide carbonique, puis entraînées. Peut-être que l'acide silicique déjà contenu dans le bois, et qui s'y trouve soit à l'état libre soit uni aux alcalis, exerce une attraction sur l'acide silicique en dissolution dans l'eau: peut-être aussi le dépôt de l'acide silicique est-il déterminé en partie par la structure organique du bois.

SUR UN ALLIAGE DE ZINC ET DE FER,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

C'est un fait connu que le fer se dissout dans le zinc fondu. Mais nulle part il n'est fait mention d'un alliage défini de ces deux métaux, et l'on ne trouve pas davantage l'indication de la *quantité* de fer que le zinc peut dissoudre.

Le grand Traité de Chimie inorganique du Dr. F. Otto (4e édit., 3e partie, p. 185) se borne à dire, au sujet des alliages de zinc et de fer:

„Le zinc en fusion dissout le fer, de sorte que le zinc du commerce, qui a été fondu dans des vaisseaux en fer, est toujours ferrifère. La présence du fer est cause qu'un pareil zinc se dissout beaucoup plus facilement dans les acides que le zinc pur."

Il y a quelque temps, on soumit à mon examen une masse métallique, qui s'était déposée au fond d'un vaisseau en fer dans lequel du zinc avait été maintenu en fusion pendant plusieurs semaines; comme cette masse gênait beaucoup le travail, à cause de son point de fusion relativement élevé, on s'était décidé à l'enlever, après qu'elle se fut rassemblée en certaine quantité, et on l'avait rejetée, comme sans valeur. Le métal présentait une cassure très belle et très brillante, mais toute différente de celle du zinc pur, et beaucoup plus blanche et plus hérissée. Il se dissolvait avec violence dans les acides sulfurique et chlorhydrique étendus, et contenait 4,6 pour cent de fer. Si l'on pouvait regarder cet alliage comme une combinaison chimique définie, la formule qui lui conviendrait le mieux serait $Fe\,Zn^{36}$, ($Fe = 56$, $Zn = 32{,}75$).

ANALYSE D'UN SMALT.

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

L'analyse d'un superbe smalt, d'une couleur chaude, semblable à celle de l'outremer, m'a donné les résultats suivants:

Acide silicique	63,7
Oxyde de plomb	2,7
Protoxyde de cobalt	5,7
Potasse	20,1
Alumine	4,0
Oxyde de fer	1,3
Eau	1,7
	99,2

On n'a pu découvrir aucune trace d'oxyde de nickel.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

SUR LES

MATIÈRES ALBUMINEUSES DU SANG,

PAR

A. HEYNSIUS.

En étudiant, vers la fin de 1867, avec un de mes élèves, M. Munnich, la matière colorante du sang [1]), mon attention fut

[1]) Les résultats de cette étude ont été communiqués dans la Dissertation de M. Munnich: *Over de bloedkleurstof*, Leyde, 12 mars 1868. M. Munnich a fait voir, entre autres, que l'hémoglobine peut être reconstituée après que, sous l'influence d'acides faibles et surtout de l'acide carbonique, elle a été altérée assez profondément pour que le spectroscope n'en montre plus aucune trace. En ajoutant de l'ammoniaque, il vit les deux bandes d'absorption réapparaître plus ou moins distinctement; et lorsque le liquide était mêlé préalablement avec une substance réductrice (par ex. avec la liqueur réductrice de Stokes) et ensuite agité avec de l'air, les deux bandes d'absorption reprenaient toute leur intensité.

M. Munnich a aussi déterminé exactement la partie du spectre où se montrent les bandes d'absorption de l'hémoglobine et de ses produits de décomposition (hémoglobine réduite; hématine acide, alcaline et réduite). Il a reconnu que la bande dite de l'hématine acide n'a pas de place fixe dans le spectre. Pour les autres bandes la position a été trouvée constante, à condition qu'on emploie toujours des solutions du même degré de concentration. Les résultats obtenus à cet égard par M. Munnich s'éloignent, sous plus d'un rapport, de ceux d'autres auteurs; mais j'ai vu avec plaisir qu'ils s'accordent entièrement avec ceux que M. Preyer a publiés dernièrement dans l'*Archiv für Physiologie* de Pflüger. M. Preyer a aussi observé la reconstitution de l'hémoglobine qui avait été transformée, par l'acide sulfhydrique et l'ammoniaque, en hématine réduite.

Les différences que M. Munnich signale dans l'action de l'acide carbonique, suivant qu'on opère sur des dissolutions de sang plus ou moins concentrées ou sur du sang mélangé avec du sérum, sont en parfait accord avec les résultats de M. Pflüger (*Arch. für Phys.*, 1868, p. 79).



vivement attirée par une circonstance spéciale. Du sang de Cavia cobaya avait été reçu, directement au sortir des vaisseaux, dans une dissolution étendue de chlorure de sodium. Le lendemain, les corpuscules sanguins étaient entièrement déposés au fond du vase, et le liquide limpide qui les recouvrait ne s'était pas coagulé. Lorsqu'on satura le liquide de sel marin, il se sépara des filaments fins, qui se réunirent à la surface en une masse difficilement soluble. Le même phénomène fut observé en répétant l'expérience avec du sang de chien, mais dans ce cas nous vîmes, en outre, qu'après la séparation des filaments il se déposait encore, lorsque la liqueur était complétement saturée, une matière floconneuse, qui, dissoute dans une dissolution étendue de chlorure de sodium, se coagulait spontanément.

J'engageai mon aide d'alors, M. van der Horst, à entreprendre quelques recherches sur l'origine de cette substance, recherches qui s'étendirent peu à peu à toutes les matières albumineuses du sang. Les premiers résultats obtenus ont été communiqués dans la Dissertation de M. van der Horst [1]); mais, comme ils se trouvent dans un rapport immédiat avec mes recherches postérieures, je les mentionnerai ici succinctement. L'auteur traite dans sa dissertation: 1° des matières albumineuses du stroma des corpuscules du sang, 2° des matières albumineuses du plasma du sang.

Au sujet des matières albumineuses du stroma, voici ce qu'il rapporte. Les traités de chimie physiologique n'indiquent guère d'autres éléments dans les corpuscules du sang que l'hémoglobine et la lécithine. M. Hoppe-Seyler, seulement, a émis l'idée que la lécithine pourrait être combinée dans les corpuscules sanguins à une matière albumineuse, tout comme la vitelline dans le jaune d'œuf, et M. Kühne dit dans son Traité que le stroma contient de la paraglobuline. Cette opinion s'appuie surtout, à ce qu'il paraît, sur les propriétés fibrino-plastiques des corpuscules sanguins; or, quelque valeur que l'on veuille attacher à l'hypothèse de M. Schmidt concernant la formation de la fibrine, ce n'est

---

[1]) *Over de eiwitachtige stoffen van het bloed*, Leyde, 29 mai 1868.

pourtant jusqu'ici qu'une hypothèse. Si c'est un fait bien établi, que la globuline séparée du sérum du sang par l'acide carbonique peut provoquer la coagulation dans des exsudats, il n'est certainement pas démontré que la séparation de la fibrine résulte de la réunion de la substance fibrinogène et de la substance fibrino-plastique. M. Kühne ajoute toutefois, que la globuline peut être isolée, suivant le procédé de M. Hoppe-Seyler, en mêlant du sang défibriné avec 10 fois son volume d'une dissolution de sel marin à 3 p. c., lavant à plusieurs reprises avec la dissolution saline les corpuscules sanguins qui se sont déposés, puis les dissolvant dans l'eau. De cette manière, il se formerait une masse gélatineuse, qui, purifiée par l'agitation avec l'eau et avec l'éther, pourrait être rassemblée sur le filtre et serait, entre autres, très facilement soluble dans les dissolutions salines. Il est vrai que M. Hoppe-Seyler donne ces indications dans son Traité [1]), mais, dans une communication postérieure [2]), il ne parle que de „fibrine" et de „matières albumineuses coagulées", par conséquent de substances en tout cas difficilement solubles. C'est avec ce dernier résultat que s'accordent les observations de M. van der Horst.

Il est facile de constater, au moins dans certaines espèces de sang, que des corps albumineux entrent pour une proportion assez notable dans la composition du stroma. Les dissolutions de chlorure de sodium, même de force médiocre, extraient du stroma des corpuscules sanguins une matière albumineuse, que l'on précipite par la saturation complète de la liqueur. Des dissolutions plus concentrées nous permettent d'isoler une plus grande quantité de cette substance du stroma des corpuscules. M. Denis a fait connaître ce fait dès 1842, et y est ensuite revenu à différentes reprises [3]). La forme assez insolite dans laquelle il produisit

---

[1]) *Handbuch der Physiologisch- und Pathologisch-Chemischen Analyse*, 1865, p. 305.

[2]) *Medicinisch-Chemische Untersuchungen*. 1866, fasc. 2.

[3]) Après que M. Denis eut reçu de l'Académie de Paris, en 1843, le prix Monthyon pour ses *Études chimiques, physiologiques et médicales, faites de* 1835 *à* 1840 *sur les matières albumineuses*, il continua ses recherches et en communiqua les résultats dans un mémoire de l'année 1856. *Nouvelles études chimiques*,

ses résultats a probablement été la cause que ceux-ci ont été mal compris ou que, du moins, on n'en a pas tenu un compte suffisant. Pour isoler la matière albumineuse en question, M. Denis conseille de mêler du sang humain défibriné avec son volume d'eau salée au tiers (mélange de 1 partie d'une dissolution concentrée de sel marin et de 2 parties d'eau). Au bout d'un certain temps (6—12 heures), le liquide devient plus ou moins gélatineux.

Si alors on porte cette masse gélatineuse dans une grande quantité d'eau, l'hémoglobine s'y dissout, tandis que le stroma se sépare à l'état solide, sous forme de pellicules et de filaments qu'on peut décolorer en renouvelant fréquemment l'eau. Avec du sang d'oiseau l'expérience réussit encore beaucoup mieux.

M. van der Horst, en répétant les expériences de M. Denis, les trouva pleinement confirmées. Il vit le sang de poulet, traité par la dissolution de sel marin que M. Denis avait indiquée, devenir très gélatineux. La suite du procédé fut modifiée en ce sens, qu'au lieu de mêler cette gelée avec de grandes quantités d'eau, on la laissa couler goutte à goutte dans l'eau distillée. Chaque goutte se coagule alors immédiatement en arrivant dans l'eau, et tombe au fond, ou bien forme un sac, comme M. Kühne l'indique pour la myosine. Si, à l'aide d'une pipette, on porte la masse pâteuse au fond du vase, elle s'élève au milieu de l'eau sous forme de baguette et ne tarde pas à se décolorer. Si on la laisse couler en plus grande quantité dans l'eau, après avoir emprisonné par l'agitation des bulles d'air dans la masse, elle gagne d'abord le fond, mais bientôt elle remonte, à peu près décolorée et sous des formes élégantes, tandis que l'hémoglobine se dissout dans l'eau qui occupe la partie inférieure du vase.

Par cette méthode, M. van der Horst a pu opérer la séparation non-seulement sur les corpuscules à noyau du sang de poulet,

---

physiologiques et médicales etc., et finalement dans un autre de 1859, ***Mémoire sur le sang.*** Sur le titre de son mémoire de 1856 il spécifie son travail de cette manière: „Études faites en suivant la méthode d'expérimentation par les sels, la seule qui, dans l'état actuel de la science, semble pouvoir être appliquée avec fruit à des recherches sur ces substances."

mais aussi sur ceux du chien et d'autres mammifères; il s'est assuré, en outre, que le phénomène ne dépend pas du sérum.

En poursuivant l'étude de la substance isolée, il reconnut qu'immédiatement après sa séparation elle est un peu soluble dans une dissolution de sel marin à 10 p. c. Lorsque les flocons restent en contact avec l'eau distillée, ils perdent peu à peu leur solubilité; la précipitation par une dissolution de sel marin concentrée les rend également insolubles dans une dissolution étendue.

Versée goutte à goutte dans l'acide chlorhydrique à 1 millième, la masse gélatineuse se coagule fortement, mais finit par se dissoudre peu à peu. Dans la potasse très étendue elle se coagule également, mais se redissout très rapidement. Elle offre du reste tous les caractères des matières albumineuses. Chauffée avec la potasse sur une lame d'argent, elle donne la réaction du soufre. L'alcool absolu n'en extrait aucun principe qui soit précipité par un refroidissement à — 7°, et l'éther n'en dissout aussi qu'une petite partie.

Sous le microscope, après addition d'iode, on observe çà et là une coloration bleue, qui indique la cholestérine.

La matière ne donne pas la réaction du sucre après avoir été chauffée avec l'acide sulfurique étendu.

M. van der Horst est amené à conclure qu'on peut séparer du stroma des corpuscules du sang une substance qui d'abord forme, avec une dissolution de sel marin de concentration moyenne, une solution filtrable, mais qui après sa séparation perd graduellement sa solubilité. Elle se rapproche beaucoup de la myosine sous maint rapport; toutefois, dès l'origine, sa solubilité est moindre. Il est vrai que la myosine possède aussi une solubilité très variable, et qu'elle se dissout beaucoup plus difficilement après être restée quelque temps en contact avec l'eau. La substance se distingue de la vitelline par son insolubilité complète dans l'eau.

C'est avec la fibrine qu'elle a le plus d'analogie. La solubilité de cette dernière, comme M. Denis l'avait déjà remarqué, est aussi très variable. Tandis que la fibrine obtenue par le battage est à peu près insoluble dans des dissolutions de sel à 5—10 p. c., la

fibrine du caillot s'y dissout en grande partie. Avec une pareille dissolution M. van der Horst a réussi à obtenir, au moyen de l'eau distillée, une séparation sous forme de petites pellicules, tout comme avec le stroma des corpuscules sanguins; la dissolution précipitait d'ailleurs aussi quand on venait à la saturer. La substance dont nous nous occupons décompose le peroxyde d'hydrogène, exactement comme la fibrine fraîchement préparée.

A l'égard des matières albumineuses du plasma du sang, voici ce qui résulte des observations de M. van der Horst.

M. Panum [1]) a vu le premier, comme on sait, qu'en neutralisant avec précaution par un acide faible (acide carbonique, acide acétique) du sérum étendu d'eau, on en précipite une matière albumineuse, à laquelle il a donné le nom de séro-caséine. Postérieurement, M. A. Schmidt [2]) trouva que ce précipité possède des propriétés fibrino-plastiques, et, par ce motif surtout, il distingua nettement cette matière, la globuline, de la caséine avec laquelle elle s'accorde d'ailleurs complétement. M. Kühne laisse indécis si le précipité obtenu par l'acide carbonique se compose exclusivement de substance fibrino-plastique (la paraglobuline de Kühne), ou s'il contient aussi, comme le cristallin, de la globuline inactive. Du reste, ce savant admet que le sérum renferme, outre la globuline, de l'albuminate de soude, qui ne se laisse précipiter que par l'acide acétique.

M. van der Horst est porté à croire, de même que M. Brücke [3]), que la substance fibrino-plastique est entraînée tout à fait mécaniquement par la globuline. Il a vu l'albuminate de potasse, préparé de la manière ordinaire et dissous dans l'eau, précipiter par l'acide carbonique; et la formation d'un précipité par l'acide acétique, dans du sérum étendu et préalablement débarrassé de la globuline par l'acide carbonique, est due selon lui à la présence des phosphates, qui retenaient une partie de la globuline en dis-

---

[1]) *Archiv f. pathologische Anatomie*, t. III, p. 251.

[2]) Reichert's *und* Du Bois-Reymond's *Archiv*, 1862.

[3]) *Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien*, 1867, t. LV, p. 881.

solution, comme M. Rollett [1]) l'a déjà établi pour le lait. D'après cela, le sérum du sang ne contiendrait, outre la séro-albumine, laquelle se coagule à 73°, que de l'albuminate de soude, dont la précipitation s'accompagnerait de celle de la substance fibrino-plastique.

L'albuminate de potasse n'est pas seulement précipité par les acides, mais aussi par les dissolutions salines concentrées. Ayant appliqué ce moyen au sérum, M. van der Horst observa, chez des animaux différents, une différence remarquable. Chez le veau, la saturation par le sel marin ne donne qu'un précipité insignifiant, tandis que chez la vache elle provoque un précipité abondant. Le phénomène est surtout frappant lorsque le sérum n'a pas été étendu préalablement. La différence est si grande, qu'en laissant tomber goutte à goutte du sérum dans une dissolution concentrée de sel marin, on peut reconnaître immédiatement si le sérum provient de sang de vache ou de sang de veau. Précipitée de cette manière la substance est insoluble dans l'eau, mais elle se dissout facilement dans les dissolutions salines étendues, ainsi que dans l'acide acétique et chlorhydrique étendus.

La quantité de cette substance, séparée par le sel marin du sérum de vache, est beaucoup plus grande que celle du précipité auquel donne lieu l'acide acétique après que la globuline a été éloignée par l'acide carbonique; en outre, quand la neutralisation par l'acide acétique est faite avec précaution, on n'observe aucune différence tant soit peu notable dans les différentes espèces de sérum.

M. van der Horst n'a pu décider si ce phénomène se trouve en connexion avec le développement de l'organisme, ou s'il dépend simplement de la nourriture (tous les veaux étaient au régime du lait). Dans le sérum d'un cheval adulte et dans celui du chien il n'a trouvé que très peu de la substance en question; dans celui du poulet, au contraire, il l'a rencontrée en grande quantité.

Outre ces éléments du sérum, on trouve encore dans le plasma la fibrine ou son générateur. Pour isoler ce principe, M. van der

[1]) *Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien*, 1860, t. XXXIX, p. 547.

Horst reçut le sang, à l'exemple de M. Denis, dans des dissolutions de sel. S'étant assuré que même les dissolutions faibles enlèvent toujours un peu d'albumine au stroma des corpuscules sanguins, il chercha à déterminer le minimum de concentration qui empêche encore la coagulation du sang. A la température de 0°, le sang resta liquide dans dix fois son volume d'une dissolution de Cl Na à 4 p. c.; à une température supérieure, il fallait des dissolutions plus riches en sel. Les corpuscules se déposèrent facilement; le liquide clair fut séparé à l'aide d'une pipette.

Si l'on introduit dans ce liquide du sel marin en poudre, on voit, à mesure que la saturation fait des progrès, des fibres fines se déposer sur les grains de sel, puis monter à la surface avec les bulles d'air qui se dégagent du sel, et s'y rassembler en une masse écumeuse, visqueuse, blanche. Ce n'est que lorsque le liquide approche de la saturation, qu'il se sépare des flocons, qui, après être restés quelque temps en suspension, finissent par tomber au fond du vase.

M. Denis regardait tout ce qui est précipité par le sel marin comme une seule et même substance, la plasmine. D'après M. van der Horst, les flocons, qui se déposent en majeure partie au fond du liquide, renferment les principes générateurs de la fibrine. Quant à la masse qui se sépare en premier lieu, qui s'élève à la surface, et qui est tantôt plus tantôt moins abondante, M. van der Horst la déduit d'éléments cellulaires qui nageaient dans le liquide. En effet, la liqueur incolore qu'on obtient en recueillant le sang comme il a été dit, est toujours opalescente, ce qui provient certainement, en partie, de la présence de petits corpuscules incolores et ratatinés.

M. van der Horst essaya de séparer ces corpuscules par filtration, ce qui réussit effectivement avec du papier à filtre fin, et dans ces conditions il crut constater que le liquide avait perdu une partie notable de son aptitude à la coagulation.

Ces observations conduisaient à se demander si l'origine de la substance mère de la fibrine ne devait pas être cherchée, en partie, dans le stroma des corpuscules sanguins.

L'opinion que la substance fibrinogène provient des tissus peut s'étayer, il est vrai, d'un argument positif, savoir l'expérience de M. Schmidt [1]), dans laquelle du sang défibriné, introduit dans le cœur encore actif d'une tortue, fut trouvé, après quelque temps, contenir de nouveau de la matière fibrinogéne. Mais cette expérience n'a été faite qu'une seule fois, et a besoin par conséquent d'être confirmée. D'ailleurs, quand même le fait serait prouvé, il n'en résulterait pas encore que les tissus dussent être regardés comme la source unique de la fibrine.

M. van der Horst a fait différentes observations qui tendraient à appuyer l'opinion que la matière albumineuse du stroma des corpuscules sanguins contribue à la formation de la fibrine. Voici les arguments qu'il invoque:

1°. Dans du sang parfaitement défibriné on remarque souvent, après 24 heures de repos, des flocons gélatineux.

2°. Dans du sang défibriné et étendu, l'acide carbonique donne un précipité qui se compose de globuline et du stroma des corpuscules sanguins. Ce précipité se dissout facilement dans le phosphate de soude et dans l'ammoniaque, et de cette solution, surtout après qu'elle a été échauffée à 40°, il se sépare des flocons agglutinés.

3°. Lorsqu'on mêle du sang de poulet défibriné avec une dissolution contenant 5 p. c. de phosphate de soude ordinaire (PO_5 2 NaO HO), les corpuscules sanguins tombent au fond. Si alors on mêle ces corpuscules avec une solution de sel marin à 5 p. c., on les voit peu à peu, non-seulement s'agglutiner entre eux, mais aussi se coller aux parois du verre, et pendant que le caillot ainsi formé se contracte, un liquide incolore s'en sépare. Par l'examen microscopique on s'assure aisément que le caillot ne consiste qu'en corpuscules gonflés.

4°. Lorsqu'on échauffe à 40°, avec quelques gouttes de phosphate de soude ordinaire, du sang de poulet défibriné, il se sépare une quantité considérable d'une matière blanche, gélati-

[1]) *Hämatologische Studien*, 1865, p. 78.

neuse, ayant tous les caractères de celle qu'on voit se former dans le sang non défibriné. M. van der Horst attribue une importance spéciale à cette dernière observation, bien qu'il soit loin de la regarder comme fournissant une preuve péremptoire. „L'explication de la coagulation du sang," ainsi conclut-il, „a déjà donné lieu à tant d'hypothèses, qu'on ne peut dorénavant attacher de prix qu'à des faits décisifs. Les observations que j'ai rapportées sont tout au plus de nature à solliciter des recherches plus approfondies."

La dissertation de M. van der Horst contient les résultats obtenus jusqu'au moment de sa promotion. Ainsi qu'il arrive ordinairement, lorsqu'un travail doit être terminé à jour fixe, plusieurs points n'avaient pu être abordés, et d'autres avaient été étudiés d'une manière moins complète que M. van der Horst et moi ne l'eussions désiré.

J'ai donc, l'été dernier, continué les recherches, et j'ai eu la satisfaction de voir que mes nouveaux résultats confirmaient pleinement les observations et les déductions qui avaient été communiquées dans la dissertation de M. van der Horst.

Je traiterai successivement les points suivants:

I. L'identité de la globuline (paraglobuline) et de l'albuminate de potasse.
II. La richesse en globuline du sérum de divers animaux et les causes des différences observées.
III. La fibrine considérée comme élément constitutif des corpuscules rouges du sang.
IV. L'origine de la fibrine du sang.

I. L'identité de la globuline (paraglobuline) et de l'albuminate de potasse.

Outre la séro-albumine et la globuline qui est précipitée du sérum étendu sous l'influence de l'acide carbonique ou de l'acide acétique, nous y avons trouvé encore une matière albumineuse, qui est insoluble dans une dissolution concentrée de sel marin et qui existe en quantité très diverse dans les différentes espèces de sang.

La première question qui se présentait, était de déterminer la nature de la matière albumineuse précipitable par le chlorure de sodium.

M. Kühne admet que dans le sérum étendu de dix fois son volume d'eau l'acide carbonique précipite de la globuline (paraglobuline), mêlée peut-être avec un peu d'albumine provenant de la décomposition simultanée de l'albuminate de soude. Après que la globuline a été éloignée par l'acide carbonique, l'addition d'une petite quantité d'acide acétique donne encore lieu ordinairement à un trouble. Celui-ci est attribué à l'albuminate de soude, lequel, comme M. Rollett nous l'a appris, n'est pas précipité par l'acide carbonique en présence des phosphates alcalins.

La matière albumineuse précipitée par l'acide carbonique, dans le sérum étendu de dix volumes d'eau, serait-elle de la globuline (paraglobuline), et la matière albumineuse précipitable par Cl Na de l'albuminate de soude?

La globuline précipitée du sérum ou du sang étendus est granuleuse, et se dissout dans l'eau, en formant une liqueur à peine opalescente, quand on la secoue avec de l'air ou, mieux, quand on la fait traverser par un courant d'oxygène *pur*. Elle est soluble dans des dissolutions très étendues de sels neutres, ainsi que dans les acides et les alcalis très dilués. La globuline n'existe pas seulement dans le sérum et les corpuscules du sang, mais aussi dans d'autres liquides et d'autres organes, par ex. dans le cristallin; mais, tandis que la globuline du sang se dissout dans l'eau chargée d'oxygène, ne se coagule pas par la chaleur, et n'est pas précipitée de sa dissolution par l'alcool, — bien que, en elle-même, elle soit absolument insoluble dans l'alcool, — ces dernières propriétés feraient défaut (d'après M. Schmidt) à la globuline du cristallin. En outre, la globuline du sang détermine la séparation de la fibrine dans des liquides fibrinogènes (liquides d'hydrocèles, etc.) qui ne se coagulent pas spontanément; la globuline du cristallin est privée de ce pouvoir, et, tant par ce motif qu'à cause de son insolubilité dans l'eau chargée d'oxygène, M. Kühne la distingue de la globuline du sang, en donnant à celle-ci le nom de paraglobuline.

L'albuminate de potasse ou de soude, précipité de sa dissolution par l'acide carbonique ou l'acide acétique, est, dit-on, insoluble dans l'eau, difficilement soluble dans les disssolutions étendues des sels alcalins neutres, et dépourvu d'action fibrinoplastique. A cela près, il a les mêmes propriétés que la paraglobuline. On ne trouve quelque différence que dans l'aspect du précipité: la paraglobuline donne un précipité granuleux, l'albuminate alcalin un précipité floconneux.

J'essayai, en premier lieu, si, à une chaleur de 45°, l'acide acétique pourrait produire, dans le sérum étendu, un précipité dont la quantité fût à peu près égale à celle qu'on obtient au moyen du traitement successif par l'acide carbonique et par le sel marin. Comme la paraglobuline et l'albuminate de potasse sont, tous les deux, précipités par l'acide acétique, mais redissous par le plus léger excès du réactif, je mêlai le sérum avec des quantités diverses, quoique toujours très petites, d'acide acétique:

	Albumine précipitée par l'acide acétique.	Total de l'albumine précip. par CO^2 et par ClNa [1]).
Sérum de vache N° 2	0,84 p. c.	2,06 p. c.
„ „ „ „ 4	0,73	2,75
„ „ „ „ 21	0,89 0,87	1,88
Sérum de veau „ 6	0,58	0,83

On voit que, dans le sérum de veau, l'acide acétique précipite presque autant d'albumine que l'acide carbonique et le sel marin réunis, tandis que pour le sérum de vache la première quantité reste beaucoup au-dessous de la seconde.

D'un autre côté, en opérant sur des liqueurs plus étendues, on peut retirer du sérum de vache, par l'acide carbonique, un précipité plus abondant. En étendant le sérum n° 21 de 40 fois son

---

[1]) Dans la détermination de l'albumine précipitable par ClNa, le précipité, imprégné de sel, fut séché à 120°, puis lavé à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne montrât plus la réaction du chlore. Ensuite il fut séché de nouveau et pesé.

volume d'eau, j'obtins 1,12 p. c. de matière précipitable par l'acide carbonique, tandis qu'après l'addition de 10 volumes d'eau, l'acide carbonique n'avait donné que 0,83 p. c. de précipité.

Comme il est à craindre toutefois que, vers la fin de la filtration, un peu de paraglobuline ne soit entraînée en dissolution, j'ai encore eu recours à un autre moyen pour m'assurer si, effectivement, les différentes espèces de sérum contiennent toujours, à côté de la substance précipitable par l'acide carbonique, une autre matière albumineuse qui n'est pas précipitée par les acides faibles, mais bien par le sel marin.

Je mêlai successivement 20 cc. de sérum de vache, de veau et de chien avec 200 cc. d'eau, et fis passer un excès d'acide carbonique dans chacun de ces mélanges. Lorsque le précipité fut complétement déposé, je pris, avec une pipette, un peu plus de 100 cc. de la liqueur claire, que je filtrai à travers du papier très fin. J'ajoutai à 100 cc. du liquide filtré un excès de sel marin pur [1]); pour 100 parties de sérum je trouvai ainsi:

	Albumine précipitée par ClNa.
Sérum de vache N° 21	1,42
„ „ veau „ 24	0,08
„ „ chien „ 28	0,07

En étendant le sérum de vache avec 100 volumes d'eau, j'obtins encore, de cette manière, 0,76 p. c. de matière albumineuse précipitée par le sel marin.

On voit, d'après cela, que le sérum de veau et le sérum de chien, étendus d'eau, laissent effectivement presque tout déposer sous l'influence de l'acide carbonique, mais que dans le sérum de vache, au contraire, une portion considérable de matière n'est pas précipitée par cet acide.

Mon résultat initial conduisait donc à admettre que la matière

[1]) En exécutant les analyses comparatives de diverses espèces de sérum, qu'on trouvera citées plus loin, je reconnus que les impuretés du sel marin ordinaire du commerce ne sont pas négligeables dans ces déterminations. Je répétai donc toutes les analyses avec du sel pur.



albumineuse du sérum de vache, précipitable par le sel marin, se distingue en effet, non-seulement de la globuline, mais aussi de l'albuminate alcalin. Il est vrai que l'albuminate alcalin résiste aussi à la précipitation par l'acide carbonique en présence des phosphates alcalins, mais, même dans une pareille solution, l'albumine est précipitée, suivant M. Rollett, par l'acide acétique. Or, l'acide acétique ne me donna guère plus que l'acide carbonique, et certainement beaucoup moins que ce qu'on obtient par l'emploi successif de l'acide carbonique et du sel marin.

L'influence des phosphates alcalins n'a toutefois pas été étudiée quantitativement par M. Rollett. Il indique seulement que ces phosphates empêchent „jusqu'à un certain degré" la précipitation, mais il n'a pas examiné si le précipité produit par l'acide acétique, par exemple, correspond avec la quantité totale d'albumine en solution. Il s'est borné à faire voir — ce qui suffisait pour son but — qu'une solution d'albuminate alcalin peut, en présence de phosphates alcalins, avoir une réaction acide sans qu'il se forme de précipité, et que la matière albumineuse précipitée, par les acides faibles, des solutions d'albuminate alcalin se redissout immédiatement quand on ajoute quelques gouttes de phosphate de soude.

Je préparai avec du blanc d'œuf, suivant le procédé de M. Lieberkühn, de l'albuminate de potasse, et le fis dissoudre, à une température de 45^{c}, dans l'eau distillée; après une action prolongée à cette température, il finit par disparaitre presque complétement.

Dans la détermination I j'opérai sur l'albuminate de potasse seul, pour la détermination II on ajouta 2 cc. d'une dissolution concentrée de phosphate de soude. Pour la détermination III on prépara du nouvel albuminate de potasse et on employa du sel marin pur. Chaque fois on prit 20 cc. étendus de 200 cc. d'eau:

	Albuminate de potasse.		
	I	II	III
Par l'acide carbonique	0,73	—	0,93
Par l'acide acétique	—	0,77	—
Ensuite par le sel marin	0,10	0,07	0,09
Par le sel marin seul	0,75	—	0,80

La liqueur qui avait reçu 2 cc. de phosphate de soude se troubla fortement par l'acide carbonique, mais ne laissa déposer aucun précipité. Toutefois, lorsqu'on en vint à réduire la quantité de phosphate à 0,5— 1,5 cc., l'acide carbonique donna lieu aussi à un précipité, qui se déposa et put être séparé par filtration. Mais, non-seulement le phosphate de soude entrave et finalement empêche tout à fait la précipitation: on voit que, même sans cette addition, l'acide carbonique ne parvient pas à séparer toute l'albumine de la solution d'albuminate de potasse. Une partie reste dissoute et peut être précipitée ensuite par le sel marin.

La fibrine et la myosine offrent une grande analogie avec l'albuminate de potasse. La fibrine, comme M. Denis nous l'a appris, est peu soluble dans une dissolution de sel quand elle a été séparée du sang par le battage, mais facilement soluble, même dans des dissolutions salines étendues, lorsqu'elle a été obtenue par le lavage du caillot du sang ou qu'elle provient d'un coagulum formé après la mort dans la cavité cardiaque. Comment ces deux matières se comportent-elles sous le rapport que nous venons d'étudier pour l'albuminate?

Avec la fibrine l'expérience n'a été faite qu'une fois, parce que, dans les derniers temps, je n'ai pu me procurer un coagulum cardiaque incolore; la myosine a été expérimentée plusieurs fois. Les déterminations I et II ont eu lieu avec du sel marin ordinaire du commerce, III et IV, au contraire, avec du chlorure de sodium pur. Après avoir été débarrassés par des lavages à l'eau de toutes les matières solubles, la fibrine et les muscles furent chauffés à 45° dans une dissolution contenant environ 4 p. c. de Cl Na. Comme ces solutions se filtrent mal, elles furent séparées du résidu insoluble par colature à travers une toile fine. La fibrine s'était, du reste, dissoute presque en entier. De la solution de fibrine on employa pour la détermination 20 cc., qui furent étendus de 10 volumes d'eau. Quant à la myosine, on en prit 50 cc. étendus de 100 cc. d'eau, sauf dans la détermination V, pour laquelle on avait ajouté quelques gouttes de potasse à la solution de sel, afin de dissoudre en moins de temps une plus

grande proportion d'albumine, de sorte que la liqueur avait une faible réaction alcaline; comme, par suite de cette circonstance, on n'avait pas à craindre qu'une forte dilution fît précipiter une quantité un peu notable d'albumine, on prit dans cette dernière détermination 20 cc. de liqueur, étendus de 200 cc. d'eau:

	Fibrine.	Myosine.			
	I	II	III	IV	V
	Homme	Vache	Vache	Poulet	Vache
Par CO_2	0,17	0,17	0,35	0,25	0,60
Par Cl Na	0,10	0,04	0,13	0,08	—
Par Cl Na seul	—	—	0,43	0,34	—
Par simple dilution avec de l'eau	—	—	0,19	—	—

Comme on le voit, la fibrine et la myosine se comportent sous ce rapport tout comme l'albuminate de potasse. L'acide carbonique ne précipite pas toute l'albumine de la dissolution saline. Il en reste une partie qui peut être précipitée par Cl Na. Dans l'essai V, après la séparation du précipité dû à l'acide carbonique, Cl Na amena également des flocons, et même en proportion considérable; malheureusement, la détermination quantitative fut perdue. La simple dilution avec de l'eau précipite moins de myosine que l'action combinée de l'eau et de l'acide carbonique, et je me suis assuré également que, même après l'addition de petites quantités de phosphate de soude, la myosine est séparée de la dissolution saline par l'acide carbonique.

Toutes les matières examinées montrent donc les mêmes propriétés. Toutes sont solubles dans une dissolution étendue de chlorure de sodium, mais dans des proportions qui dépendent de la quantité de sel et d'acide que la liqueur contient. La myosine se dissout en plus grande proportion lorsque la réaction est alcaline que lorsqu'elle est acide; la myosine du poulet, qui n'avait pas été additionnée d'alcali, mais qui avait été examinée toute fraîche, montra aussi plus de facilité à se dissoudre. La teneur en sel détermine d'un autre côté la proportion de matière qui

est précipitée par l'acide carbonique. Avec une teneur de 5 p. c., la myosine et la fibrine donnent l'une et l'autre un précipité par l'acide carbonique, mais en quantité beaucoup plus faible que lorsqu'on emploie des dissolutions plus étendues.

Les liquides fibrinogènes montrent encore le même phénomène: l'acide carbonique les précipite et, après filtration, Cl Na donne lieu à un nouveau précipité:

	LIQUIDES FIBRINOGÈNES.		
	I. Hydropisie ascite Dens. 1011	II. Hydrocèle Dens. 1021	III. Hydrocèle Dens. 1021
Matière solide . . .	2,82 2,78	6,34 6,33	5,68
Par CO_2	0,21	0,26	0,15
Par Cl Na	0,26	0,27	0,18

De tout ce qui précède il résulte que l'impossibilité de précipiter par CO_2 les matières que Cl Na sépare des diverses espèces de sérum et surtout du sérum de vache, n'est pas un motif suffisant pour distinguer ces substances de celles qui précipitent, après dilution préalable, par l'acide carbonique. Un peu plus de sel ou d'alcali donne lieu au même phénomène. L'addition d'une très petite quantité d'alcali ou de sel marin empêche complétement, comme on sait, la précipitation de la paraglobuline.

Mais alors, y a-t-il une différence quelconque entre la paraglobuline et la substance fibrinogène d'un côté, et l'albuminate alcalin, la fibrine et la myosine, de l'autre?

Il existe une différence, mais seulement sous le rapport quantitatif, car, dans la manière de se comporter à l'égard de l'eau chargée d'oxygène et des sels alcalins neutres, il n'y a pas non plus entre ces corps une différence aussi tranchée qu'on l'a admis jusqu'à présent.

Un examen attentif m'a appris que non-seulement la paraglobuline et la substance fibrinogène, mais aussi l'albuminate alcalin, la myosine et la fibrine, après leur précipitation par l'acide

carbonique, se dissolvent partiellement dans l'eau sous l'influence d'un courant prolongé d'oxygène ou d'hydrogène purs.

Au commencement de mes recherches il m'avait semblé, à moi aussi, que le précipité produit par l'acide carbonique, dans le sérum du sang ou dans les exsudats, se distinguait des autres matières analogues par sa solubilité dans l'eau chargée d'oxygène. Cette eau ne dissolvait pas une trace du précipité fourni par l'albuminate de potasse, tandis que, dans les mêmes circonstances, je voyais la paraglobuline se dissoudre en proportion assez notable. Néanmoins, une grande partie de la paraglobuline restait aussi sans se dissoudre, bien que l'oxygène arrivât en abondance dans la liqueur.

M. Brücke a observé la même chose [1]). Il a même trouvé que la paraglobuline, après avoir été lavée à l'eau chargée d'acide carbonique, n'est dissoute qu'en très petite quantité par l'oxygène.

Je fus d'abord tenté de chercher la cause du fait dans un mélange avec l'albuminate de soude, lequel, d'après M. Kühne, peut facilement être précipité en même temps que la paraglobuline. Mais, en remplaçant le courant d'oxygène par un courant d'hydrogène, je vis, à ma grande surprise, la masse tout entière se dissoudre, et j'obtins un liquide véritablement à peine opalescent.

Cette observation fit naître l'idée que peut-être l'oxygène employé n'avait pas été parfaitement pur et que c'était là la cause de la faiblesse de son pouvoir dissolvant, conjecture qui ne tarda pas à se vérifier. L'oxygène avait été préparé en chauffant du chlorate de potasse avec du peroxyde de manganèse, et il avait traversé une lessive de potasse, puis de l'eau, avant d'être mis en contact avec la paraglobuline. Il m'avait paru que, de cette manière, il serait suffisamment débarrassé du chlore et de l'acide nitreux, qui étaient les seules impuretés à craindre. Pour lever tous les doutes, je préparai de nouveau de l'oxygène, en n'employant plus le mélange de chlorate et de manganèse, mais

---

[1]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften*, 1867, T. LV, pag. 882.

seulement du chlorate de potasse pur. Je fis passer le gaz dans une lessive de potasse, dans de l'eau et dans du nitrate d'argent, en ajoutant encore un quatrième flacon de lavage contenant une solution d'iodure de potassium. J'avais déjà remarqué plus d'une fois que l'ozone peut donner lieu, dans le sérum du sang, à la séparation de flocons. Il n'était pas impossible que de l'ozone prît naissance quand on chauffe du chlorate de potasse. Effectivement, même en ne faisant passer le gaz qu'avec lenteur, je vis la solution d'iodure de potassium se colorer en jaune, tandis qu'aucun précipité de chlorure d'argent, pas même un léger trouble, n'apparaissait dans la solution argentique.

Je ne décide pas si la coloration en jaune indique réellement la présence de l'ozone. Pour notre objet, il suffit de savoir que l'oxygène, préparé et purifié comme je viens de le dire, dissout en entier le précipité formé par l'acide carbonique dans le sérum étendu, en donnant lieu à un liquide *à peine* opalescent. Je présume que la raison essentielle pour laquelle M. Brücke et d'autres observateurs n'ont pu dissoudre qu'une fraction du précipité, doit être cherchée dans les impuretés du gaz employé. Il est bien vrai que la paraglobuline, comme tous les corps de ce groupe, devient graduellement moins soluble, quand elle est en contact avec des acides et avec de l'eau; toutefois, même après trois précipitations par l'acide carbonique et trois dissolutions par l'oxygène, je pus encore, à l'aide de ce dernier agent, dissoudre la plus grande partie du précipité formé par l'acide carbonique.

Après ce que j'avais trouvé pour la paraglobuline, il va sans dire que j'examinai aussi l'influence de l'oxygène ainsi purifié sur le précipité produit par l'acide carbonique dans les solutions de myosine, de fibrine et d'albuminate alcalin: — or, je reconnus que tous ces précipités se dissolvaient maintenant en partie.

L'hydrogène exerce la même influence, et comme il est facile de préparer ce gaz et de l'avoir constamment sous la main, je lui donne même la préférence sur l'oxygène. Je lui fis traverser une lessive de potasse et de l'eau, et, ainsi purifié, il montra

une action au moins aussi énergique que celle de l'oxygène. La globuline du cristallin fut aussi partiellement dissoute sous son influence.

Après que l'oxygène ou l'hydrogène eut agi quelque temps, les liquides furent filtrés. Les produits de la filtration ne se coagulaient pas par la chaleur et n'étaient pas précipités par l'alcool absolu, tandis que le passage de l'acide carbonique donnait lieu à un précipité, même lorsque la liqueur filtrée était limpide comme de l'eau.

Il existe, sans aucun doute, une différence quantitative entre les diverses matières. La proportion qui se dissout dans l'hydrogène ou dans l'oxygène et le temps nécessaire ne sont pas les mêmes pour toutes; mais la paraglobuline elle-même, dans les conditions les plus favorables, fournit encore toujours une solution plus ou moins opalescente, et parfois même une partie assez notable reste sans se dissoudre. Sous ce rapport de la solubilité, on observe souvent des phénomènes contradictoires, qu'il est impossible d'expliquer actuellement, mais qui n'en prouvent pas moins que la solubilité de la paraglobuline est variable, comme celle de tous les autres corps du même groupe. C'est ainsi qu'il m'arriva une fois de mêler de la paraglobuline dissoute dans de l'eau chargée d'hydrogène avec une dissolution, dans le chlorure de sodium étendu, de la matière que le sel marin précipite du sérum. Les deux solutions étaient claires. Après 24 heures il s'était déposé sur le fond du vase un précipité abondant, qui ne se dissolvait plus en entier dans l'hydrogène. Or, en répétant l'expérience, il ne se forma aucun précipité dans les mêmes conditions. La proportion de matière albumineuse, qui est dissoute dans l'eau, paraît avoir de l'influence sur les propriétés de la solution.

Pour la fibrine et la myosine, l'action attribuée à l'oxygène et à l'hydrogène pourrait être mise sur le compte du sel marin dont elles étaient imprégnées, le précipité par l'acide carbonique s'étant formé dans une dissolution plus ou moins étendue de chlorure de sodium. Mais cette explication serait difficilement applicable à

l'albuminate de potasse. Non que je veuille prétendre que le précipité auquel l'acide carbonique donne lieu dans la dissolution d'albuminate soit pur de tout mélange de sel; mais, au moins, il doit l'être autant que la paraglobuline. Les conditions dans lesquelles il se produit sont les mêmes que celles qui président à la séparation de la paraglobuline, et à l'égard de celle-ci nous ne savons pas non plus si elle est entièrement exempte de sel. Au contraire, tout semble confirmer l'opinion de M. Denis, que l'albumine ordinaire est également insoluble, et qu'elle n'est maintenue en solution que par la présence d'autres matières, principalement d'àlcalis et de sels alcalins. M. Wurtz croyait avoir obtenu, au moyen de l'acétate de plomb et de la décomposition par l'acide carbonique, de l'albumine entièrement privée de sel, soluble, et se comportant d'ailleurs comme l'albumine ordinaire; mais tous ceux qui ont préparé l'albumine de M. Wurtz lui ont trouvé une réaction acide, due à de l'acide acétique qu'elle retenait. M. Graham [2]) a cru également avoir obtenu de l'albumine exempte de sel: il fit dialyser dans l'eau du sérum et de l'albumine d'œuf mélangés d'un peu d'acide acétique, et regarda le produit qui restait, après la séparation des sels, comme de l'albumine pure et néanmoins soluble. MM. Hoppe, von Wittich et Kühne trouvèrent toutefois que les sels ne se laissaient pas éloigner complétement de cette manière, et qu'en dépit de cela de l'albumine se déposait dans le dialyseur [3]).

C'est aussi le résultat auquel je suis parvenu. Après avoir séparé, au moyen de l'acide carbonique et du chlorure de sodium pur, la paraglobuline d'une quantité considérable de sérum de vache, je répétai avec cette matière l'expérience de Graham. Je la laissai dialyser pendant longtemps avec de l'eau de pluie pure; mais, bien que la dissolution albumineuse fût encore loin d'être entièrement débarrassée de sel, il s'était déjà formé un

[1]) *Comptes rendus*, T. XVIII, pag. 700,

[2]) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, T. CXXI, pag. 1.

[3]) *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, pag. 179.

dépôt abondant, tout comme dans les expériences de M. Kühne.

Comme l'albumine d'œuf et l'albumine de sérum se comportent d'une manière un peu différente, je jugeai qu'il y aurait de l'intérêt à préparer aussi de l'albuminate de potasse avec de l'albumine de sérum, et à en examiner les propriétés. M. Hoppe, qui l'avait déjà préparé ainsi [1]), l'avait trouvé moins consistant et moins dur que l'albuminate fourni par l'albumine d'œuf. M. Brücke, l'ayant préparé au moyen de la paraglobuline, obtint une gelée tout aussi solide, et il remarque, avec raison, que le degré de consistance dépend probablement de la quantité de matière albumineuse.

M. J. Chr. Lehmann [2]) a montré que, même dans une dissolution albumineuse très étendue, il se forme encore de l'albuminate alcalin, naturellement à l'état dissous, quand on y ajoute de l'alcali. Comme j'avais trop peu de matière albumineuse de sérum pour préparer l'albuminate solide, je la mélangeai avec une petite quantité de potasse. Elle fut précipitée par l'acide carbonique, et, après filtration, le chlorure de sodium y produisit un précipité, tout comme dans l'albuminate de l'albumine d'œuf. Le précipité dû à l'acide carbonique, traité par l'oxygène ou l'hydrogène, ne s'y dissolvait pas en plus grande quantité que l'albuminate de blanc d'œuf.

La même différence graduelle se manifeste entre la paraglobuline et les dissolutions de l'albuminate de potasse, de la myosine et de la fibrine, dans leur manière de se comporter vis-à-vis des sels. La myosine, la fibrine et surtout l'albuminate de potasse ne se dissolvent que lentement dans les dissolutions salines étendues, et, même quand la proportion de sel est considérable, ils sont précipités de ces dissolutions par l'acide carbonique, au moins partiellement. La paraglobuline, après avoir été précipitée par l'acide carbonique, se redissout immédiatement, en donnant un liquide limpide, quand on ajoute une trace d'alcali ou quelques gouttes d'une solution de sel marin.

---

1) *Chemisches Centralblatt*, 1865, pag. 785.

2) *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*, 1864, pag. 529.

La facilité à se dissoudre dans l'eau chargée d'oxygène et dans les solutions étendues des acides, des alcalis et des sels alcalins neutres est donc le caractère essentiel par lequel la paraglobuline se différencie des matières qui lui sont analogues [1]).

La facilité à se dissoudre appartient également à la substance que le chlorure de sodium précipite du sérum de vache étendu. Si l'on porte cette substance dans l'eau, le sel qui y est resté attaché est plus que suffisant pour la dissoudre, et quand on étend cette solution de 100 volumes d'eau, l'acide carbonique en précipite bien quelque chose, mais la très grande partie de l'albumine reste dissoute. C'est précisément cette facile solubilité dans les sels alcalins neutres, qui prouve, à mon avis, que la matière séparée du sérum de vache par l'acide carbonique n'est pas autre chose qu'une partie de la paraglobuline, que l'acide carbonique ne précipite pas en présence des sels et des alcalis.

Cette facile solubilité, qu'elle soit propre à la globuline elle-même ou due à des substances étrangères, est en effet le seul caractère qui la distingue des autres matières albumineuses. Les petites différences que M. A. Schmidt avait cru remarquer d'abord entre les solutions d'albumine et celles de paraglobuline, ont trouvé peu à peu leur explication. Le sulfate de cuivre précipite la paraglobuline d'une dissolution alcaline; mais lorsqu'elle est dissoute dans une solution de sel, il ne la précipite pas plus qu'il ne précipite la séro-albumine. L'acide acétique et d'autres acides organiques ne donnent pas de précipité dans du sérum privé de paraglobuline; ils en donnent un dans une solution alcaline de paraglobuline, mais si l'on ajoute à cette solution un peu de sel marin, le précipité ne se produit plus (Brücke) [2]).

---

[1]) Cela s'applique sans doute aussi à la substance fibrinogène; mais comme je me suis servi pour mes recherches principalement de la paraglobuline du sérum, je borne mes énoncés à cette dernière substance.

[2]) Je passe sous silence la forme du précipité. Quiconque est tant soit peu familiarisé avec l'étude des matières albumineuses sait que la forme sous laquelle ces matières se séparent est dépendante de toutes sortes de circonstances accessoires. L'albuminate de potasse est précipité en flocons; mais lorsqu'il est mêlé

Toutefois, cette dernière différence elle-même, cette facile solubilité n'est pas caractéristique pour la paraglobuline, mais dépend de circonstances accessoires.

Lorsqu'on étend du sérum de vache de 10 vol. d'eau, qu'on sépare par l'acide carbonique la paraglobuline, qu'on ramène la liqueur filtrée à son volume primitif par évaporation à 40°, puis qu'on ajoute de nouveau 10 vol. d'eau, la liqueur, en supposant qu'elle ait été limpide après la filtration, ne précipite plus par l'acide carbonique ou ne donne qu'un précipité insignifiant.

Si l'on ajoute à ce sérum privé de paraglobuline une solution d'albuminate de potasse, et que, après avoir étendu de 10 vol. d'eau, on y fasse passer de l'acide carbonique, il se forme un précipité. Si, séparant celui-ci par la filtration, on le met en suspension dans l'eau, dans laquelle on conduit un courant d'oxygène ou d'hydrogène purs, le précipité se dissout complétement dans l'eau et la solution devient aussi limpide que celle de la paraglobuline; il est aussi facilement soluble dans les dissolutions de sel.

Au contraire, la paraglobuline, débarrassée de ses sels par la dialyse, est entièrement insoluble dans l'eau chargée d'oxygène ou d'hydrogène.

Lorsque le sérum de vache, privé de paraglobuline et ramené à son volume primitif, est chauffé pendant quelques heures à 40° avec de la fibrine (de caillot) fraîche et soigneusement lavée, et qu'on sépare ensuite par filtration la fibrine non dissoute, ce sérum, étendu de 10 vol. d'eau, précipite aussi par l'acide carbonique, et le précipité est également soluble en entier dans l'oxygène ou dans l'hydrogène.

à une certaine quantité de phosphate de soude. la liqueur devient blanche, il est vrai, mais le précipité est à un tel état de division qu'il ne se dépose pas et qu'il ne peut être séparé par filtration. M. Brücke a raison quand il dit, en parlant de la forme du précipité: „Mon intention n'est nullement de fonder une distinction là-dessus; car une expérience répétée m'a appris que, de tous les mauvais caractères servant à distinguer les matières albumineuses, la forme du précipité est certainement un des plus mauvais, sinon le plus mauvais."

Le sérum privé de paraglobuline seul, (sans fibrine), traité exactement de la même manière, ne donne pas de précipité ou n'en donne qu'un insignifiant.

Quand de l'albuminate de potasse est mélangé avec une petite quantité de phosphate de soude, puis, après dilution, traité par l'acide carbonique, le précipité qu'on obtient se dissout aussi très facilement dans l'oxygène ou dans l'hydrogène.

Ainsi, toute différence s'efface. La facile solubilité elle-même n'est pas propre à la paraglobuline comme telle, mais dépend de la présence de sels ou peut-être aussi d'autres matières. Mais la propriété fibrino-plastique? dira-t-on. Il est vrai que le précipité produit par l'acide carbonique dans l'albuminate de potasse n'a pas d'action fibrino-plastique, et ceux qui regardent comme prouvée l'hypothèse de M. Schmidt concernant la formation de la fibrine, qui sont convaincus que la paraglobuline et la substance fibrinogène se réunissent pour donner naissance à la fibrine, ceux-là ne peuvent, naturellement, partager ma manière de voir. Le précipité que le Cl Na provoque dans le sérum dépouillé de paraglobuline par l'acide carbonique se montre aussi, du moins quand on prend quelques précautions, entièrement dépourvu de la propriété fibrino-plastique, et si cette propriété doit servir de critérium, la substance précipitée par le Cl Na dans un pareil sérum n'est pas de la paraglobuline. Mais elle n'en diffère, comme nous l'avons vu, que sous ce seul aspect, et c'est là précisément ce qui me fait douter, avec M. Brücke, que la paraglobuline soit la matière fibrino-plastique du sérum.

Grâce à l'obligeance de mes amis, j'ai eu assez souvent, dans ces derniers temps, l'occasion d'examiner des liquides fibrinogènes. A vrai dire, le liquide d'hydrocèle est le seul qui convienne pour ces expériences, les autres liquides éprouvant fréquemment, après une durée parfois très longue, une coagulation spontanée partielle, ce qui rend le résultat incertain. Des six liquides d'hydrocèle qui furent mis à ma disposition, quatre ne manifestèrent aucune trace de coagulation, même après qu'on y eut ajouté du sang. Il est probable que la ponction avait déjà été

faite un grand nombre de fois. Dans un cas, il se forma un coagulum insignifiant après l'addition du sang. Enfin le liquide d'hydrocèle n°. II se prit en caillot par le mélange avec de petites quantités de sérum ou de sang.

Ce même liquide, mélangé avec du sérum de vache dont, après dilution avec 10 vol. d'eau, l'acide carbonique avait précipité la paraglobuline, ne montra plus qu'une coagulation très légère, semblable à celle qu'on obtenait par le sérum de veau dans les mêmes circonstances; après dilution avec 20 vol. d'eau, on observa encore une trace de fibrine précipitée (en petits flocons). Or, comme le sérum de vache étendu de 10 vol. d'eau renferme encore environ 1½ p. c. d'albumine précipitable par Cl Na, tandis que le sérum de veau ne contient que ½ p. c. de paraglobuline, je me crois autorisé à conclure que l'albumine précipitable par le sel n'exerce pas d'action fibrino-plastique. Le précipité produit par le sel, porté dans le liquide fibrinogène, n'y donna lieu également qu'à une trace de coagulation.

Mais la paraglobuline elle-même, lorsqu'elle est mise à l'état de pureté en contact avec des liquides fibrinogènes, agit avec bien moins d'énergie que le sérum ou le sang. Qu'on précipite par l'acide carbonique une quantité relativement considérable de paraglobuline, qu'on la redissolve dans l'oxygène ou dans l'hydrogène, et qu'on la mélange alors avec des liquides fibrinogènes, on reconnaîtra manifestement que la proportion de fibrine séparée est beaucoup plus faible que celle à laquelle donnerait lieu une quantité équivalente de sang. En outre, l'action la plus forte est exercée par la paraglobuline qui se précipite en premier lieu, par exemple après dilution avec 5 vol d'eau, et, bien qu'alors il reste encore une grande quantité de paraglobuline précipitable par l'acide carbonique, au moins dans le sérum de vache, la liqueur ne produit plus qu'une coagulation insignifiante. M. Brücke a observé le même fait [1]), et par suite il doute également que la paraglobuline soit la substance fibrino-plastique du

---

[1]) *l. c.* pag. 882.

sang, c'est-à-dire la substance qui, dans les liquides fibrinogènes, détermine la précipitation de la fibrine.

Le fait n'a pas échappé non plus à M. Schmidt, qui a observé avec un soin et une précision admirables tout ce qui a rapport à la coagulation. Pour l'expliquer, il suppose que la paraglobuline éprouve des altérations pendant qu'on la prépare, altérations qui seraient d'autant plus grandes que le liquide qui la fournit est plus étendu. Je demande toutefois, avec M. Brücke, s'il n'est pas beaucoup plus rationnel d'admettre qu'il existe deux matières dans le précipité formé par l'acide carbonique: 1°. la paraglobuline et 2°. la matière fibrino-plastique, cette dernière étant ou bien précipitée directement par l'acide carbonique, ou bien entraînée mécaniquement par la paraglobuline. La paraglobuline précipitée par le sel marin devrait alors son inactivité à ce qu'elle ne contiendrait pas en mélange, comme la paraglobuline précipitée par l'acide carbonique, de la matière fibrino-plastique.

En résumé, les résultats obtenus sont les suivants:

1°. Dans le sérum du sang (surtout dans celui de la vache), lorsqu'on a éloigné le précipité formé par l'acide carbonique après addition de 10 vol. d'eau, il existe encore une matière albumineuse, que précipite le traitement ultérieur par Cl Na.

2°. Les solutions d'albuminate de potasse, de fibrine et de myosine montrent la même propriété. CO_2 y précipite une partie de l'albumine, et la saturation subséquente par Cl Na, une autre partie. Cl Na seul précipite moins d'albumine que CO_2 associé avec Cl Na.

3°. Le précipité formé par CO^2 est, pour toutes ces matières, soluble en partie dans l'oxygène ou l'hydrogène *purs*. La paraglobuline du sérum du sang se dissout, toutefois, beaucoup plus rapidement et en proportion beaucoup plus considérable. La solubilité dans les dissolutions étendues des sels alcalins est aussi beaucoup plus grande pour la paraglobuline.

4°. Cet excès de solubilité n'appartient du reste pas en propre à la paraglobuline, mais dépend du mélange avec des sels et peut-être avec d'autres matières.

5°. En effet, lorsqu'on mêle de l'albuminate de potasse avec

du sérum privé de paraglobuline, CO_2 y fait naître un précipité qui est tout aussi soluble que la paraglobuline.

6°. Quand on chauffe pendant quelque temps à 40° de la fibrine avec ce sérum dépouillé de paraglobuline, et qu'on étend la liqueur, CO_2 y produit aussi un précipité considérable et soluble, tandis que le sérum lui-même, dans des circonstances toutes pareilles (température de 40°) ne donne pas de précipité ou n'en donne qu'un très faible.

7°. Une petite quantité de phosphate de soude n'empêche pas l'albuminate de potasse d'être précipité de ses solutions par CO_2. Le précipité se dissout facilement dans l'oxygène ou dans l'hydrogène, ainsi que dans les sels alcalins neutres.

8°. La matière albumineuse qui peut être séparée du sérum de vache étendu, après que la paraglobuline a été précipitée par CO_2, n'a pas d'action fibrino-plastique.

9°. Il est probable que la propriété fibrino-plastique n'appartient pas à la paraglobuline, mais à quelque autre substance qui se précipite simultanément.

10°. Il n'y a par conséquent aucune raison pour regarder la matière précipitée par CO_2 et celle précipitée par Cl Na comme des corps distincts. Je conserverai pour toutes les deux l'ancien nom „globuline."

II. La richesse en globuline du sérum de divers animaux et les causes des différences observées.

Après que des recherches préliminaires eurent appris que la quantité de matière précipitable par Cl Na est très différente dans diverses espèces de sérum, je pensai qu'il y aurait un certain intérêt à déterminer la proportion de globuline dans toutes les sortes de sérum que je pourrais me procurer; voici comment j'opérai. Le sérum étant séparé du sang aussi exactement que

possible, on en prenait 20 cc. [1]), qu'on étendait de dix fois leur volume d'eau. Ensuite, on y faisait passer un excès d'acide carbonique, et, lorsque la globuline s'était déposée, on filtrait la liqueur. La globuline restée sur le filtre était lavée une fois avec de l'eau chargée d'acide carbonique, séchée à 120° et pesée. Ensuite, on introduisait dans la liqueur filtrée un excès de sel marin. Quand elle approchait de la saturation, elle se troublait et des flocons commençaient à se déposer. Lorsque la saturation était complète, on filtrait la liqueur, on lavait une fois avec une dissolution saturée de sel marin, et on séchait à 120°. Finalement, les filtres séchés étaient lavés avec un excès d'eau bouillante, jusqu'à ce que l'eau qui en découlait ne donnât plus la réaction du chlore, puis séchés et pesés.

Comme la globuline dissoute dans l'eau chargée d'oxygène ou dans un alcali est aussi précipitée par une solution concentrée de sel marin, je me contentai quelquefois de saturer simplement le sérum avec du sel marin. Les résultats ainsi obtenus occupent la colonne V dans le tableau ci-dessous.

Mes premières expériences furent faites avec du sel ordinaire du commerce; seulement, pour le débarrasser de quelques-unes des impuretés qu'il contenait, je le fis dissoudre dans l'eau de pluie, filtrai la solution et l'évaporai jusqu'à cristallisation.

La matière solide du sérum fut déterminée en mêlant le liquide avec une grande quantité de sable et desséchant à 120°.

Je déterminai de cette manière la richesse en globuline du sérum du sang de divers animaux, et je m'assurai que, sous ce rapport, le sérum de vache se distingue nettement de toutes les autres espèces, au moins parmi les mammifères. La plupart des espèces de sérum donnèrent moins de 1 p. c. de matière précipitée par l'acide carbonique et le sel marin; le sérum de vache en fournit 2 p. c., et même davantage.

Je ne tardai pas à reconnaître, pourtant, que les valeurs ainsi

[1]) Pour les animaux de petite taille je dus naturellement me contenter d'un volume moindre.

trouvées n'exprimaient pas encore, avec une exactitude parfaite, la différence qui existe réellement.

De toutes les espèces de sang que j'ai examinées, celui de vache et celui de poulet se coagulent le mieux. Dans le sang de vache, du moins, il s'opère toujours une séparation complète et le sérum est ordinairement parfaitement clair. Dans beaucoup d'autres espèces de sang cette séparation se fait parfois moins complétement, et pour quelques espèces (chez le veau, par ex.) il en est toujours ainsi. Chez le veau, le sérum est constamment mêlé de sang, et sur le fond du vase où la coagulation s'effectue, on voit toujours une couche fortement colorée, qui se compose des corpuscules que le caillot n'a pas englobés et qui ont gagné le bas du liquide. On ne peut obtenir ce sérum clair, que lorsqu'on le laisse déposer.

Or, en mêlant directement le sérum avec du sang, je trouvai que les dosages donnaient des nombres notablement plus élevés.

Je remarquai, en outre, que les impuretés (chlorure de calcium, chlorure de magnésium, sulfate de soude, etc.) que contient le sel marin ordinaire du commerce, tel que je l'avais employé jusque-là, faisaient également paraître les valeurs numériques trop fortes.

Je répétai donc les déterminations sur du sérum déposé et aussi clair que possible, et avec du chlorure de sodium pur. Le sel marin du commerce fut traité par la baryte, pour le débarrasser de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, et ensuite par l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque pour précipiter la baryte, la chaux et la magnésie. La liqueur filtrée fut alors évaporée, et le résidu porté au rouge pour chasser les sels ammoniacaux. Mes nouvelles déterminations donnèrent en 100 parties: (Voyez: tableau pag. 127.)

Ce tableau montre que, de tous les mammifères dont le sang a été examiné, la vache est celui qui possède la plus forte proportion de globuline. Le sérum du mouton est celui qui, jusqu'à présent, se rapproche le plus du sérum de vache. Le sérum de tous les autres mammifères mentionnés dans le tableau s'éloigne

Désignation du sérum.	No.	I Résidu solide.	II Globuline précipitée par CO_2.	III Globuline précipitée par Cl Na.	IV II et III ensemble.	V Globuline précipitée par Cl Na seul.
Vache (clair).......	21	....	0,83	1,05	1,88	
Mouton (assez clair).	22	9,95	0,56	1,07	1,63	1,39
		9,67	0,70	0,97	1,67	1,28
Chèvre (clair)......	23	7,26	0,39	0,14	0,53	0,41
		7,31	0,42	0,14	0,56	0,40
Veau (clair)........	24	....	0,34 0,38	0,17	0,51	0,43
Lapin (clair).......	25	....	0,23	0,21	0,44	
Cochon (assez clair).	26	....	0,55	0,25	0,80	0,69
Chien (assez clair)..	27	....	0,57	0,15	0,72	
Idem (clair)........	28	....	0,42	0,16	0,58	0,49
Chat (clair)........	29	8,05 8,07	0,43	0,11	0,54	
Homme (clair)......	30	....	0,27	0,11	0,38	
Poulet (clair).......	31	....	1,24	1,29	2,53	

notablement de celui des deux premières espèces. Parmi ceux-là, c'est chez le cochon que la proportion de globuline est la plus élevée, bien qu'elle n'atteigne que la moitié de celle qu'on trouve chez le mouton. Le sérum de poulet, au contraire, dépasse encore de beaucoup, sous ce rapport, le sérum de vache.

Les nombres du tableau font voir, en outre, que le traitement successif par CO_2 et Cl Na précipite plus d'albumine (globuline) que l'emploi de Cl Na seul, tout comme on l'a observé en opérant sur l'albuminate de potasse.

La différence trouvée constitue-t-elle une particularité propre à l'espèce animale, ou bien dépend-elle de circonstances accessoires?

Après avoir trouvé une proportion plus forte de globuline, non-seulement chez la vache, mais aussi chez le mouton, il me parut important d'examiner aussi le sang d'autres ruminants. La seule espèce de cet ordre, que je pus encore me procurer, fut la chèvre. Chez cette espèce, comme nous l'avons vu, la quantité de globuline n'est pas plus forte que chez les mammifères d'autres ordres.

Une grande richesse en globuline n'est par conséquent pas une propriété générale du sang des ruminants.

La température à laquelle la coagulation a lieu n'exerce pas d'influence ou du moins n'en exerce qu'une très légère. En automne, par conséquent à une température plus basse, on observe entre le sérum de la vache et celui du veau la même différence qu'en été.

Cette différence ne dépend pas non plus du temps pendant lequel le sérum reste en contact avec le caillot. Quand même elle aurait existé, une pareille influence n'eût pas été à craindre dans mes analyses, vu que je laissais toujours écouler le même temps (environ 18 heures) entre l'évacuation du sang et le moment où je séparais le sérum du caillot. Néanmoins, après que j'eus reconnu que la fibrine est légèrement soluble dans le sérum, je fis de ce point l'objet d'un examen direct. Du sérum de veau fut laissé en contact avec le caillot pendant 2 jours, dans une chambre chauffée; — la richesse en globuline n'avait pas augmenté ou du moins n'avait augmenté que d'une manière insignifiante.

Mais, la chèvre dont j'examinai le sang avait été bien nourrie jusqu'au dernier moment, tandis que la vache et le mouton jeûnent ordinairement pendant une couple de jours avant d'être abattus. Faudrait-il chercher dans cette circonstance la raison de la différence observée? A cette hypothèse on peut opposer que le porc, une fois entré chez le boucher, reste aussi habituellement sans nourriture; les veaux reçoivent un peu de lait le matin et le soir. Mais le porc est un omnivore, et supporte peut-être mieux le jeûne, pendant un certain temps, qu'un herbivore. Je cherchai en conséquence à me procurer du sérum de ruminants repus. Cela ne m'ayant pas réussi tout d'abord, j'examinai l'influence que le jeûne exerce, chez un herbivore, sur la richesse en globuline du sérum du sang. Je laissai un lapin sans nourriture aucune pendant plus de 48 heures; mais, dans ces conditions, la proportion de globuline fut trouvée plutôt diminuée qu' augmentée.

Ce n'est que tout récemment que j'ai eu l'occasion d'étudier le sang d'une vache soumise à un régime d'alimentation normal. Le sérum était parfaitement clair et donna en 100 parties:

I. Résidu solide.	II. Globuline précipitée par CO_2.	III. Globuline précipitée par Cl Na.	IV. II et III ensemble.	V. Globuline précipitée par Cl Na seul.
8,89	0,90	1,20	2,10	1,33
8,73	0,90	1,25	2,15	1,38

On voit en définitive que, chez la vache au moins, la forte proportion de globuline ne dépend certainement pas de circonstances accessoires, mais est propre à l'espèce animale.

Quant à la cause prochaine de la différence, je n'ai pu la découvrir jusqu'à présent. L'idée se présente naturellement de rapporter la richesse en globuline à une plus forte proportion d'alcali. M. Zuntz [1]) a montré toutefois que la proportion d'alcali du sang diminue d'une manière assez sensible après qu'il a été tiré des vaisseaux. Pour que la détermination ait quelque valeur, il faut donc que les échantillons de sang qu'il s'agit de comparer, 1° demeurent, après l'évacuation, dans des conditions tout à fait semblables, et 2° soient examinés après un même intervalle de temps. L'un et l'autre offre naturellement, vu qu'il est question d'animaux de boucherie, des difficultés particulières. Mais, lors même que ces deux conditions seraient remplies, il resterait encore douteux si le sérum du même animal montrerait une proportion d'alcali toujours égale. En effet, les chiffres absolus trouvés par M. Zuntz indiquent, au moins pour le chien, des différences assez notables.

Quoi qu'il en soit, jusqu'ici je n'ai pas eu l'occasion de comparer le sérum de vache avec celui d'autres animaux, de telle façon que je puisse regarder le résultat comme bien concluant.

La quantité totale de cendres est, en tout cas, un peu plus grande pour le sérum de vache que pour celui d'autres animaux.

---

[1]) *Centralblatt f. d. medic. Wissensch.*. 1867, pag. 801.

Dans le sérum du chien j'ai trouvé 0,99 p. c. de cendres, dans celui du veau 0,97 p. c., et dans celui de la vache 1,18 p. c. La proportion de chlore n'a montré qu'une différence insignifiante : le sérum de veau a donné 0,300 p. c. de chlore et celui de vache 0,326 p. c., répondant respectivement à 0,49 p. c. et 0,53 p. c. de chlorure de sodium.

Dans la proportion d'acide phosphorique je n'ai trouvé absolument aucune différence. La méthode de dosage de l'acide phosphorique au moyen de l'acétate d'urane, d'après M. Neubauer, donne, comme l'on sait, de bons résultats, lorsqu'on soigne que les liqueurs acidifiées par l'acide acétique renferment une quantité d'acétate de soude égale à celle qu'on ajoute à la solution normale (solution de phosphate de soude contenant 0,2 p. c. d'acide phosphorique) qui sert au titrage de la solution d'acétate d'urane. J'étendis les différents échantillons de sérum avec de l'eau, les fis bouillir après addition de quelques gouttes d'acide acétique, et ajoutai encore un peu d'acétate d'ammoniaque pour obtenir une coagulation complète. De cette manière, l'albumine se précipite entièrement et le liquide se filtre bien et en peu de temps. Le coagulum fut lavé deux fois avec de l'eau contenant de l'acide acétique, et le liquide filtré fut évaporé à sec. Le résidu fut brûlé à une faible chaleur rouge. Aux cendres mêlées de charbon on ajouta une quantité telle du mélange d'acétate de soude et d'acide acétique, que pour chaque 50 c. c. de la liqueur (qui avait été ramenée au volume primitif du sérum employé) il y eût 5 c. c. du mélange. Après échauffement, on sépara le charbon par filtration, et dans le liquide filtré on détermina l'acide phosphorique au moyen de l'acétate d'urane. De cette manière, on trouva exactement la même quantité d'acide phosphorique, aussi bien dans le sérum de vache ou de mouton, que dans celui de veau ou de cochon. 50 c. c. du liquide exigèrent 2,5 c. c. de la solution normale d'acétate d'urane, c'est-à-dire, que 1000 c. c. de sérum renfermaient 0,25 gramm. d'acide phosphorique ou 0,49 gramm. de phosphate de soude.

III. La fibrine considérée comme élément constitutif des corpuscules rouges du sang.

En mêlant le sang avec une solution de Cl Na d'environ 12 p. c., et le laissant couler ensuite goutte à goutte dans l'eau, M. van der Horst, à l'exemple de M. Denis, avait séparé une substance à l'état solide, qui provenait sans aucun doute des corpuscules rouges du sang. L'étude des propriétés de cette substance avait conduit M. van der Horst à la regarder comme composée essentiellement de matière albumineuse et comme se rapprochant le plus de la fibrine. Le sang de poulet lui en fournit la plus forte proportion, mais il obtint néanmoins la même séparation sous forme solide en opérant, de la manière indiquée, sur le sang de divers mammifères, par conséquent sur du sang à corpuscules dits sans noyaux.

Il était toutefois extrêmement difficile de recueillir la matière ainsi préparée: les pellicules qui la composaient étaient si délicates, qu'au moindre attouchement elles se détruisaient et qu'on n'en pouvait rassembler que de petites quantités.

Je cherchai donc une autre méthode, permettant de l'obtenir en proportion plus considérable. Nous avions déjà essayé plusieurs fois, M. van der Horst et moi, d'effectuer la séparation au moyen de l'eau seule: du sang de poulet avait été reçu, directement au sortir des vaisseaux, dans une grande quantité d'eau; mais jamais nous n'avions constaté l'apparition de la moindre trace de précipité. Plus tard, je répétai la même expérience avec du sang défibriné. Le sang, battu pendant 10 minutes avec un faisceau de fines baguettes de baleine, fut passé à travers un linge; ensuite, au lieu de le verser dans l'eau, on procéda d'une manière inverse, en ajoutant rapidement une grande quantité d'eau, environ 100 volumes, au sang défibriné. Immédiatement, il se forma dans toute la masse du liquide d'innombrables flocons, qui, entraînés par des bulles d'air adhérentes, montèrent tous à la surface, où ils se réunirent en une couche

gélatineuse, épaisse de 2 à 3 centimètres. Le tout fut porté sur un tamis fin, afin de laisser s'écouler la partie liquide. Il resta alors une masse gélatineuse, colorée en rouge clair, qui était moins consistante que l'albuminate de potasse, auquel elle ressemblait du reste beaucoup par l'aspect. Au moyen de lavages à l'eau, cette gelée se laissa décolorer complétement, mais non sans qu'il en résultât une grande perte de matière.

Les propriétés de cette substancc étaient celles que M. van der Horst a déjà fait connaître dans sa Dissertation. Dans le chlorure de sodium elle se dissolvait lentement, en formant un liquide épais, mucilagineux; elle était soluble dans les alcalis, et pouvait être précipitée de cette solution sous forme de flocons.

Examinée sous le microscope, elle se présentait comme une masse granuleuse, mais d'ailleurs homogène. On n'y voyait aucune apparence de noyaux, mais l'impression qu'elle donnait était celle d'une agglomération de petites masses arrondies et granuleuses de protoplasma. Lorsque je la portai, dans une chambre humide, sous le microscope, et que j'y fis passer de l'acide carbonique, je vis la masse se contracter et devenir moins transparente à la lumière transmise, plus blanche à la lumière réfléchie.

En répétant l'expérience j'obtins le même résultat, mais la quantité de matière précipitée était moins considérable. Je pensai que peut-être le temps écoulé depuis l'évacuation du sang n'était pas sans influence, et, après éloignement de la fibrine, je laissai les corpuscules se déposer dans une solution de 3 p. c. Cl Na. Le liquide clair ayant été enlevé à l'aide d'une pipette, j'ajoutai de l'eau, et vis alors se reproduire le phénomène observé la première fois. La masse entière se changea en une gelée assez consistante, de même aspect que celle à laquelle avait donné lieu la forte dilution du sang, immédiatement après la défibrination.

Dans la dernière expérience j'avais employé beaucoup moins d'eau, et j'avais ajouté ce liquide lentement, par portions successives. J'essayai maintenant si, en opérant de cette manière sur le sang défibriné, je ne pourrais obtenir également une plus grande proportion de précipité. Effectivement, une quantité d'eau

moindre (environ 25 vol.), ajoutée lentement, amena une précipitation plus abondante que précédemment; mais, en répétant l'expérience, dans des conditions en apparence identiques, il arriva souvent aussi que le précipité se montrait de nouveau beaucoup plus réduit. Je ne puis assigner la raison de cette différence; je crois pourtant qu'elle ne dépend pas de divergences dans la composition du sang, mais seulement de circonstances accessoires. En tout cas, il suffira de répéter l'expérience quelques fois, pour se convaincre de l'exactitude du fait signalé.

Deux poulets me fournirent une quantité de matière suffisante pour trois déterminations du soufre. La matière fut lavée aussi bien que possible, puis séchée à 120°. Après l'avoir épuisée par l'alcool et l'éther, je la brûlai avec du nitre et du carbonate de soude, et déterminai l'acide sulfurique sous forme de sulfate de baryte. Je trouvai de cette manière:

1er Dosage :	0,3001 gr. donnèrent	0,0258 SO_3 Ba O,	c.-à-d.	1,17 p. c. de soufre
2e "	0,4270 " "	0,0314 " "	"	1,00 " " "
3e "	0,2833 " "	0,0210 " "	"	1,01 " " "

Cette forte proportion de soufre tend à confirmer l'opinion qu'il s'agit ici d'une matière albumineuse passablement pure.

Avec du sang de mammifères je n'ai pas encore réussi à provoquer la précipitation par la méthode exposée. Une seule fois j'ai observé le phénomène, mais à un faible degré, sur du sang de chien.

Ce résultat est de nature à inspirer de la défiance. M. Denis en traitant le sang de l'homme, et M. van der Horst en opérant sur le sang de divers mammifères, ont bien, par le mélange avec une solution de sel et l'action subséquente de l'eau, séparé une matière à l'état solide; mais la quantité beaucoup plus considérable qu'on obtient avec le sang d'oiseau autorise la présomption que les noyaux contribuent aussi à la formation de la matière gélatineuse, et que par conséquent nous avons affaire, au moins pour le sang de poulet, à un mélange de deux substances.

J'ai déjà remarqué qu'on ne peut reconnaître aucune trace de noyaux dans la gelée telle qu'elle se sépare, tandis que ces noyaux

se voient très distinctement quand on traite le précipité par l'acide carbonique. Je commençai à douter de la préexistence d'un véritable noyau, même dans le corpuscule du sang des oiseaux, et ce doute se fortifia peu à peu, de sorte que je pris connaissance avec un vif intérêt du mémoire de M. Brücke sur la structure des corpuscules rouges du sang du Triton [1]). Par une voie toute différente, M. Brücke est arrivé également au résultat que, dans le sang des amphibies, à l'état normal, le noyau ne se montre pas tel qu'on l'a figuré d'après des corpuscules morts, mais qu'on doit se le représenter comme une production variable de forme et de position, et par conséquent contractile (zooïde), qui est unie à un disque poreux, incolore, et sans mouvement propre (œcoïde). Bien que les résultats de M. Brücke aient été négatifs quant à la présence de ces deux éléments (zooïde et œcoïde) dans le sang des mammifères, l'auteur pense pourtant qu'il n'y a pas entre les corpuscules à noyau et les corpuscules sans noyau une différence aussi tranchée qu'on l'admettait jusqu'ici.

L'étude que j'avais faite, comme on l'a vu plus haut, des propriétés des solutions de myosine et de fibrine, indiquait la voie à suivre pour acquérir une connaissance plus précise de la composition des corpuscules du sang des mammifères. On admet généralement que l'acide carbonique produit un précipité plus abondant dans le sang que dans le sérum. La partie de ce précipité, qui est soluble dans l'oxygène, serait de la paraglobuline, la partie insoluble serait le stroma des corpuscules. Plus d'une fois j'avais eu l'occasion de voir l'acide carbonique donner dans le sang un précipité très faible; mais à cette observation en succédait bientôt une autre qui présentait un résultat tout opposé. Lorsque j'étudiai, plus tard, le rapport quantitatif de la paraglobuline dans différentes espèces de sang, la légère coloration que je trouvai parfois au sérum m'engagea, comme il a été dit précédemment, à rechercher l'influence que l'addition d'une cer-

[1]) *Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. Wissenschaften*, T. LIX, pag. 79.

taine quantité de sang exerce sous le rapport en question, et je fus frappé de trouver qu'une pareille addition, dans le sérum de vache, augmente à peine la proportion de matière précipitée par l'acide carbonique et le sel marin, tandis que, dans les autres espèces de sérum, elle procure une augmentation évidente.

La matière colorante du sang, même en petite quantité, colore fortement, et les déterminations de l'albumine ne sont qu'approximativement exactes. Des recherches ultérieures me parurent donc nécessaires pour élucider la question, et je choisis pour cet examen, non plus le sérum mêlé de sang, mais le sang débarrassé aussi complétement que possible de sérum, tel qu'on l'obtient par l'expression du caillot. Cet examen donna, au moins pour le sang de vache, de veau et de cochon, dans lequel la proportion relative de caillot et de sérum était à peu près la même, des résultats inattendus. Le sang exprimé provenait de la même portion de sang dont le sérum avait déjà été soumis à un examen tout semblable. 5 c. c. de sang furent délayés dans 400 c. c. d'eau et traités par un excès d'acide carbonique. Le précipité étant déposé, le liquide clair fut enlevé à l'aide d'une pipette et filtré en premier lieu, parce que, à défaut de cette précaution, les pores du filtre s'obstruent promptement et le liquide cesse de couler. On trouva:

	Par CO_2	Par Cl Na	Ensemble.
Sang de vache N°. 21.	1,60	0,72	2,32
Le sérum avait donné.	0,83	1,15	1,88 [1]
Sang de veau N°. 24	2,06	0,38	2,44
Le sérum avait donné.	0,34	0,17	0,51
Sang de cochon N°. 26	2,12	0,64	2,76
Le sérum avait donné.	0,55	0,25	0,80
Sang de chien N°. 28.	2,78	0,68	3,46
Le sérum avait donné.	0,42	0,19	0,58
Sang de lapin N°. 25.	2,06	1,76	3,82
Le sérum avait donné.	0,23	0,21	0,44
Sang de poulet N°. 31	3,00	1,20	4,20
Le sérum avait donné.	1,24	1,29	2,53

[1]) V. le tableau pag. 127.

En dépit de ce que le caillot renferme encore toujours une grande quantité de sérum et bien que l'albumine précipitable par CO_2 et Cl Na ne s'élève dans le sérum de veau qu'à $\frac{1}{3}$ environ de ce qu'elle est dans le sérum de vache, on voit que le précipité produit par CO_2 et Cl Na dans le sang de veau surpasse celui auquel donne lieu le sang de vache. La même chose s'observe pour le sang de cochon et, à un plus haut degré encore, pour les autres espèces de sang.

Il va sans dire, d'ailleurs, que les nombres sont seulement approximatifs. Le précipité formé par l'acide carbonique est coloré en rouge; il renferme par conséquent de l'hémoglobine, ce qui augmente la proportion. Mais cette circonstance pèse également sur toutes les espèces de sang.

D'un autre côté, le précipité dû à Cl Na peut contenir un peu d'albumine provenant de la décomposition de l'hémoglobine par l'acide carbonique; mais, 1° l'acide carbonique agit lentement et la décomposition ne peut avoir été qu'insignifiante, et 2°, eût-elle été plus considérable, l'accroissement qui en serait résulté dans le précipité aurait été le même pour toutes les espèces de sang.

On peut se demander toutefois si le chlorure de sodium précipite bien toute l'albumine dans les différentes espèces de sang. M. van der Horst, en versant du sang de poulet mélangé avec une solution de Cl Na à 12 p. c. dans une solution concentrée de sel marin, obtint un précipité persistant, tandis que lorsque du sang de mammifère était traité de la même manière, le précipité formé initialement paraissait se redissoudre peu à peu dans la solution saline concentrée. Pour notre objet, cette question a naturellement une plus grande importance.

J'ai déjà fait remarquer antérieurement, que les propriétés d'une solution albumineuse ne dépendent pas seulement de la *nature*, mais aussi de la *quantité* de la matière dissoute. Dans mes recherches quantitatives, j'ai acquis de plus en plus la conviction que la séparation de petites quantités d'albumine précipitable par Cl Na exige que la liqueur soit *complètement* saturée; alors seu-

lement l'albumine s'y dépose. Là est la raison pour laquelle, quand il s'agit de sang de mammifère, le précipité versé goutte à goutte, comme il a été dit, dans une solution concentrée de sel marin, se redissout. Si la liqueur est *complétement* saturée, la matière albumineuse se dépose. Le sang de lapin N°. 25 en fournit la preuve. Le filtre sur lequel on avait recueilli le précipité formé par l'acide carbonique, filtrait mal. Il fallut beaucoup de temps avant que le liquide se fût écoulé. Il en résulta manifestement qu'une partie du précipité fut entraîné dans la solution, et, par suite, le chlorure de sodium donna lieu à un précipité beaucoup plus abondant.

Le fait se trouva encore confirmé d'une autre manière. En étendant de 10 vol. d'eau du sang défibriné de vache, de veau et de cochon, et y faisant passer un courant d'acide carbonique, le précipité se déposait peu à peu. Lorsque le liquide clair était alors porté sur un filtre fin, il s'écoulait rapidement et parfaitement limpide. Or, dans ce liquide limpide, Cl Na produisait un précipité quand on opérait sur du sang de vache, et n'en donnait pas quand on traitait du sang de veau ou de cochon.

Je ne veux pas nier toutefois que, en présence d'une quantité plus ou moins grande d'alcali, un peu d'albumine ne puisse rester en solution même après saturation complète par le sel marin. J'ai vu, en effet, dans du sérum précipité par Cl Na, puis filtré, l'acide carbonique donner lieu à la formation d'un précipité, non pas immédiatement, mais peu à peu; ce précipité atteignit les proportions suivantes:

Sérum de vache	N°. 21.	0,017	p. c.
„ „ veau	„ 24.	0,004	„
„ „ chien	„ 28.	0,006	„

Du reste le précipité, comme il vient d'être dit, n'apparaissait pas instantanément, mais d'une manière successive (probablement par suite d'une modification de l'albumine sous l'influence de l'acide), et, en second lieu, la quantité du précipité, même pour le sérum de vache, est extrêmement faible.

Je crois, en conséquence, que les erreurs dont les détermina-

tions quantitatives sont nécessairement affectées ont une valeur à peu près égale pour toutes les espèces de sang, et que ces déterminations fournissent une mesure relativement exacte pour les comparaisons à établir.

Mais, dira-t-on, l'acide carbonique précipite dans le sang, outre la paraglobuline, le stroma des corpuscules, et celui-ci ne se compose certainement pas de matière albumineuse. Je concède volontiers que le stroma n'est pas constitué uniquement par de la matière albumineuse; mais aussi, il n'est pas précipité en entier par l'acide carbonique. C'est ce qu'il est facile de démontrer. Comme nous connaissons la quantité du précipité auquel donne lieu l'acide carbonique, la détermination de la proportion de matières solides suffit pour nous convaincre que l'acide carbonique et le sel marin ne séparent qu'une partie du stroma, savoir la partie qui se compose de matière albumineuse. Quelque grande que puisse être la différence entre les diverses espèces de sang, par rapport à cet élément albumineux, la différence des proportions de matières solides est encore plus considérable. Cela ressort du tableau suivant:

	MATIÈRES SOLIDES.	
	Sérum.	Sang du caillot exprimé.
Vache . . .	9,04	19,32
	9,06	19,30
Veau	7,50	18,90
	7,50	19,06
Cochon . . .	9,86	29,60
	9,90	29,30
Chien	7,44	27,22
	7,34	28,33
Lapin	8,04	34,00
	8,10	33,65

Si le stroma était précipité en entier, on aurait donc dû trouver des chiffres bien plus élevés pour la quantité du précipité.

Nous avons par conséquent dans l'acide carbonique un excel-

lent moyen d'isoler la matière albumineuse du stroma. Quand on étend le sang de beaucoup d'eau, une grande partie de cette matière est précipitée par l'acide en question. Si alors on éloigne rapidement le liquide coloré, et qu'on le remplace à différentes reprises par de l'eau chargée d'acide carbonique, on obtient un résidu presque incolore, qui se dissout partiellement dans une solution étendue de sel marin, en donnant un liquide trouble, comme la fibrine et la myosine.

Ce liquide, tout comme les solutions des deux substances nommées en dernier lieu, ne peut être filtré sans se dépouiller d'une partie notable de la matière dissoute ou, si l'on veut, finement divisée. Celle-ci se comporte d'ailleurs, sous tous les rapports, comme les deux autres substances. Sa solution filtrée est précipitée par l'acide carbonique, et, après qu'on a enlevé le précipité, elle en donne un nouveau par le chlorure de sodium. La matière montre du reste les propriétés générales des corps albumineux.

La manière dont se comporte le sang de vache est digne de remarque. Tandis que son sérum laisse précipiter, sous l'influence de l'acide carbonique et du chlorure de sodium, une beaucoup plus grande quantité de matière albumineuse que les autres espèces de sérum que j'ai examinées, c'est tout le contraire qu'on observe pour le sang du caillot exprimé, c'est-à-dire pour les corpuscules. Ici, c'est précisément chez la vache qu'on trouve la proportion la plus faible.

Puisqu'il a été reconnu que les différences qui distinguent la globuline, l'albuminate de potasse, la fibrine et la myosine dépendent, non de la matière albumineuse elle-même, mais de substances étrangères mélangées, on serait tenté d'attribuer la différence entre le sérum de vache et celui d'autres animaux à ce que, dans le premier, par quelque cause inconnue, la fibrine du stroma se dissout en proportion plus forte, lors de la coagulation [1]).

---

[1]) En parcourant encore une fois la littérature relative à la séro-caséine et à

En tout cas, la différence que nous avons trouvée entre les corpuscules sanguins de la vache et ceux des autres animaux dont nous avons étudié le sang, donne l'explication de ce fait, que ce sont précisément les corpuscules de la vache qui, dans une solution saline étendue, se déposent moins complétement que tous les autres.

Les résultats de nos recherches concernant les principes constituants du stroma des corpuscules sanguins, sont donc les suivants:

1°. L'élément incolore des corpuscules sanguins se compose pour une plus ou moins grande partie, non-seulement chez les oiseaux, mais aussi chez les mammifères, d'une matière albumineuse, qui se rapproche le plus de la fibrine.

2°. Du sang défibriné d'oiseau cette matière peut être séparée, au moyen de l'eau, sous forme d'un corps gélatineux, semblable à l'albuminate de potasse.

3°. Du sang de mammifère elle peut être séparée à l'aide de l'acide carbonique et du chlorure de sodium.

4°. La proportion de cette matière est très différente dans les diverses espèces de sang.

---

la globuline, je fus frappé de trouver chez M. Heintz (*Lehrbuch der Zoochemie*, 1853, pag. 682) la critique suivante des vues de M. Panum: „M. Panum regarde le précipité qui se forme quand le sérum du sang, étendu d'environ 10 parties d'eau, est neutralisé par de l'acide acétique très dilué, comme de la caséine. Il est évident que cette opinion n'est pas suffisamment motivée. C'est probablement à la fibrine que sont dûs les phénomènes qui ont conduit M. Panum à admettre la présence de la caséine dans le sérum du sang. Le premier de ces corps se dissout, en effet, dans une solution de sel marin, et cette dissolution laisse précipiter la fibrine quand on l'étend. Or, comme le sang renferme du sel marin, une partie de cette matière protéinique doit nécessairement, lors de la coagulation, rester dissoute, et si l'on vient à étendre cette solution, c'est-à-dire le sérum, la fibrine doit se précipiter."

„Pour mettre hors de doute l'opinion, que la matière regardée par M. Panum comme de la caséine (c'est-à-dire comme la paraglobuline de la science actuelle) n'est autre chose que de la fibrine, il faudra, bien entendu, expérimenter d'abord sur des solutions de fibrine et de sel marin, et établir surtout que la matière qui se laisse précipiter de cette solution possède les mêmes propriétés que celle qu'on obtient avec le sérum du sang."

5°. Dans les corpuscules du sang de vache, dont le sérum renferme tant de globuline, la proportion est beaucoup plus faible que dans toutes les autres espèces de sang examinées.

6°. En accord avec cette différence, on trouve que le sang de vache fournit relativement moins de matière solide que le sang d'autres animaux, tandis que pour le sérum on observe tout le contraire.

IV. L'origine de la fibrine du sang

Puisqu'il a été constaté qu'on peut séparer du stroma des corpuscules du sang une matière semblable à la fibrine, la question se présente naturellement si la fibrine du sang elle-même ne proviendrait pas du stroma des corpuscules.

On ne veut pas donner à entendre par là que les corpuscules rouges fourniraient seuls la fibrine du sang. Le sang reçoit continuellement de la lymphe, et celle-ci se coagule comme le sang, quoique plus lentement. Il est donc évident que les corpuscules rouges ne peuvent être la source unique de la fibrine; il s'agit seulement de savoir si ces corpuscules contribuent à la formation de la fibrine.

Si la réponse à cette question pouvait être affirmative, un certain nombre de phénomènes, aujourd'hui incompréhensibles, trouveraient une explication. Il n'y aurait alors plus rien d'extraordinaire à ce que la détermination de la richesse en fibrine, dans une même classe animale et parfois chez une même espèce, donne des résultats si variables. Il n'y aurait plus lieu non plus d'être surpris de ce que, en pratiquant plusieurs saignées coup sur coup, le produit de la dernière fournit moins de fibrine que celui de la première, tandis qu'on constate tout le contraire lorsqu'on laisse écouler quelques jours entre la première et la deuxième saignée [1]). Beaucoup d'autres phénomènes encore, dont les

[1]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, T. LVI, pag. 108.

idées actuelles sur l'origine de la fibrine ne rendent nullement compte, s'éclaireraient d'un jour tout nouveau. L'hypothèse en question ne serait d'ailleurs pas en contradiction avec les expériences de M. Schmidt, où du sang défibriné, introduit dans le cœur encore actif d'une tortue, se coagula ensuite pour la seconde fois, et où de l'eau, au contact d'un pareil cœur, se chargea de fibrinogène. Il est clair que ces expériences prouvent seulement que les tissus fournissent aussi de la fibrine, non que la fibrine du sang provient exclusivement des tissus.

De concert avec M. van der Horst, j'avais essayé mainte fois de provoquer une seconde coagulation, mais nous n'avions réussi qu'imparfaitement. Dans le sang de poulet seulement, nous avions vu, sous l'influence du phosphate de soude, se produire une seconde coagulation, partielle il est vrai, mais incontestable; dans d'autres espèces de sang, tout s'était borné à l'apparition de quelques filaments isolés. Ce résultat négatif ne constitue du reste pas un argument contre l'hypothèse que la fibrine soit fournie en partie par les corpuscules du sang. Si ces corpuscules ont perdu leur vitalité et si, par suite, comme dans d'autres organismes élémentaires, une partie plus ou moins considérable du contenu albumineux s'est coagulée, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'on ne réussisse pas à obtenir une seconde coagulation. Nous aurons alors beau dissoudre cette matière dans des dissolutions salines, nous n'y verrons pas plus de coagulation que dans les solutions de myosine ou de quelque autre protoplasma coagulé, — pas plus que dans les solutions de la fibrine elle-même.

M. Brucke a montré, toutefois, qu'un des éléments du corpuscule sanguin du Triton (son zooïde) conserve longtemps ses propriétés vitales, et la même chose a été constatée par M. Rollett pour le stroma incolore d'autres corpuscules sanguins. Ce dernier observateur a vu les mêmes changements, que les corpuscules frais éprouvent sous l'influence de décharges électriques, se produire encore après que le sang avait été conservé pendant plusieurs mois. C'est précisément à cause de cette observation, qu'il n'a pas cru devoir ranger les corpuscules rouges du sang

parmi les éléments contractiles. Mais M. Brücke fait remarquer que des organismes inférieurs sont souvent plongés, par l'action des circonstances extérieures, dans un état de mort apparente, qui peut persister pendant longtemps. Il se demande si les corpuscules du sang ne pourraient se trouver dans le même cas. Parce que, dans les muscles, dans les corpuscules du tissu connectif et dans les corpuscules blancs du sang, la vie s'éteint promptement après la mort de l'organisme, est-ce une raison pour que les corpuscules rouges perdent leurs propriétés vitales avec la même rapidité?

L'opinion de M. Brücke m'a engagé à examiner la question de nouveau. Ainsi qu'il a été dit précédemment, M. van der Horst et moi, en saturant la solution saline dans laquelle le sang avait été reçu directement au sortir de la veine, avions vu s'élever des filaments qui, mêlés à des bulles d'air [1]), formaient à la surface une couche écumeuse et visqueuse. Tel avait été le point de départ de toutes nos recherches. „La quantité de cette matière", écrivait M. van der Horst dans sa Dissertation, „était très variable. Pendant longtemps je n'ai pu m'expliquer à quoi sa formation était due. Je remarquai enfin que le liquide, avec quelque soin qu'il eût été séparé, tenait encore toujours en suspension une grande quantité d'éléments cellulaires, qui occasionnaient certainement, au moins en partie, l'opalescence du liquide. Nécessairement, une partie seulement de ces éléments pouvaient être des corpuscules rouges du sang, puisque le liquide était incolore; mais ils n'avaient pas non plus l'aspect des corpuscules blanc du sang. C'étaient, pour la plupart, des petits corps ratatinés, dans lesquels on ne pouvait distinguer aucun noyau.

[1]) M. van der Horst a déjà fait remarquer, dans sa Dissertation, que la séparation de la fibrine s'accompagne toujours d'un dégagement de gaz. M. Preyer (Pflüger's *Archiv. f. Physiologie*, 1868, pag. 409) a fait la même observation. Parlant de la fibrine qui se forme dans le liquide d'hydrocèle sous l'influence de l'hémoglobine impure, il dit: „à laquelle, pour le dire en passant, adhèrent constamment des bulles de gaz.

En laissant du sang se déposer dans une solution de sel, surtout quand on emploie une solution étendue, on peut, en général, très bien reconnaître les éléments qui existent encore dans le sang, outre les corpuscules rouges et blancs bien connus.

Or ce sont ces éléments cellulaires, qui constituent la couche superficielle. En filtrant le liquide plusieurs fois à travers du papier fin, on peut retenir ces éléments sur le filtre, et alors il ne se forme plus de couche écumeuse; mais il m'a paru que dans ce cas l'aptitude à se coaguler diminue beaucoup."

Voilà ce que M. van der Horst écrivait dans sa Dissertation. Nous avions bien souvent examiné au microscope les flocons insolubles qui se séparent quand on sature du plasma sanguin étendu de solution de sel marin, mais nous ne savions ce que pouvaient être les éléments qui les composent. Ce n'étaient, au moins quant à la masse principale, ni des corpuscules rouges, ni des corpuscules blancs. Nous n'osions pas y voir le stroma des corpuscules rouges, parce que le liquide ne contenait pas d'hémoglobine en quantité un peu notable, et qu'il paraissait en contradiction avec les expériences de M. Rollett d'admettre que le stroma pût être isolé sans que de l'hémoglobine passe dans le liquide.

Aujourd'hui je regarde comme très probable que nous avions affaire à ce que M. Brücke nomme le zooïde des corpuscules sanguins des mammifères, et que, non-seulement les flocons qu'on observe habituellement quand on sépare les corpuscules du sang au moyen d'une dissolution de sel, mais aussi la masse gélatineuse que l'on remarque au-dessus du dépôt des corpuscules rouges lorsque du sang défibriné est mélangé avec une solution de sel, et enfin les filaments qui restent ordinairement suspendus dans le liquide, doivent tous leur origine à la matière albumineuse incolore des corpuscules, qui, dans la solution saline, s'est gonflée et agglomérée en masses. Nous avons reconnu que la matière gélatineuse qui se sépare du sang d'oiseau, traité par

l'eau, se contracte sous l'influence de l'acide carbonique et devient moins soluble, et qu'il ne se forme plus de flocons quand du sang non défibriné est reçu dans une solution étendue de sel marin, saturée préalablement d'acide carbonique. Lorsqu'on dissout les corpuscules du sang dans l'eau, on obtient un liquide limpide, mais l'éther précipite de ce liquide une quantité beaucoup plus grande d'albumine ou, selon l'opinion de M. Hoppe-Seyler, de fibrine.

N'est-il pas très probable que, sous l'influence de l'acide carbonique, les corpuscules sont moins altérés par la solution saline, de sorte qu'ils retiennent une plus grande proportion de leur élément albumineux? M. Böttcher [1]), comme on sait, regardait les corpuscules sanguins des mammifères comme pourvus d'un noyau. Il avait observé que les corpuscules du lapin, conservés dans l'humeur aqueuse de l'œil, perdent leur matière colorante, et dans la masse incolore il avait vu s'opérer une séparation, par suite de laquelle apparaissait une vésicule à contours nettement accusés (le noyau), entourée d'un petit amas de protoplasma granuleux. MM. A. Schmidt en F. Schweigger-Seidel [2]) contestèrent, avec raison à mon avis, non pas l'observation de M. Böttcher, mais la conséquence qu'il en avait tirée. Si, dans le problème difficile de la structure des corpuscules sanguins, nous ne voulons pas donner lieu à une confusion d'idées et d'expressions, il est absolument nécessaire d'employer les termes qui répondent aux notions généralement admises. Or, la désignation appliquée par M. Böttcher ne satisfait pas à cette condition. Ce qu'il appelle noyau des corpuscules rouges ne possède pas les caractères que présentent les noyaux d'autres cellules. Les vésicules que M. Böttcher a observées peuvent être, tout aussi bien, l'élément incolore des corpuscules sanguins, qui s'est dégagé, tout en y demeurant adhérent, du reste du stroma. Il suffit alors que ce stroma se décolore, pour qu'on ait les appa-

[1]) Virchow's *Archiv.*, T. XXXVI et XXXIX.

[2]) *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig*, 1868, pag. 184.

rences décrites par M. Böttcher. MM. Schweigger-Seidel et A. Schmidt arrivent également à ce résultat, que tous les phénomènes observés relativement à la structure des corpuscules sanguins, même chez les mammifères, se laissent expliquer quand on admet, avec M. Brücke, qu'il existe dans le stroma deux éléments (l'œcoïde et le zooïde), dont l'union est lâche et facile à détruire dans les circonstances ordinaires, mais devient plus intime et plus stable sous l'influence de divers agents.

M. Brücke fait aussi remarquer que l'espace clair qu'on voit au centre des corpuscules sanguins, et qui est ordinairement attribué à une dépression, pourrait bien être la partie centrale incolore du zooïde.

Il n'entre pas dans mon plan de m'engager ici plus avant dans la question compliquée de la structure microscopique des corpuscules sanguins, d'autant plus que je m'en suis peu occupé dans les derniers temps. Mais, en tout cas, on ne sera pas surpris que la communication de M. Brücke m'ait inspiré le désir d'essayer si une seconde coagulation ne pourrait être obtenue avec les corpuscules du sang. D'après M. Brücke, le zooïde des corpuscules de Triton conserve pendant longtemps ses propriétés vitales. Il serait possible que ces propriétés persistassent aussi chez les animaux à sang chaud, au moins pendant un certain temps, et à un degré suffisant pour que, après la séparation des corpuscules, le zooïde pût se dissoudre et se déposer ensuite sous forme solide.

J'avais déjà vu, avec M. van der Horst, que du sang de poulet défibriné, qui avait été échauffé à 45° avec du phosphate de soude, laissait précipiter une quantité considérable d'une matière gélatineuse, ne différant pas, par ses propriétés, de celle qui se forme dans du sang non défibriné; nous avions observé également que les corpuscules du sang de poulet, séparés par une solution de phosphate de soude, se réunissaient, dans une solution de chlorure de sodium à 5 p. c., en un coagulum qui se contractait comme un vrai caillot du sang.

Dès l'origine, cette expérience m'avait paru offrir une certaine

importance, et, depuis lors, sa valeur démonstrative n'a fait que croître à mes yeux; — mais, une seconde coagulation *plus complète* n'a pu être réalisée jusqu'ici. Malgré cela, je crois pouvoir fournir la preuve que la matière incolore du stroma des corpuscules sanguins (la fibrine) entre pour une part dans la fibrine qui se sépare lors de la coagulation du sang.

Le dosage de la fibrine demande toutefois beaucoup de circonspection. M. Mayer a fait voir que, même en laissant le sang s'écouler du vaisseau par un tube bifurqué, les portions de ce liquide ainsi soutirées au même instant ne contiennent pas toujours des quantités égales de fibrine. Des vingt déterminations exécutées, il y en avait neuf où ces quantités ne différaient pas, et ce résultat fut obtenu aussi bien en séparant la fibrine par le battage du sang, qu'en l'isolant par le lavage du caillot. Dans les onze autres déterminations il y avait une différence, qui parfois même était considérable.

A l'exemple de M. Mayer, je laissai le sang couler par un tube bifurqué dans deux flacons. Lorsque je voulais séparer la fibrine immédiatement, j'introduisais dans le flacon du gros plomb grenaillé, afin d'être à l'abri de la perte presque inévitable à laquelle donne lieu le battage. Dans l'un des flacons le sang restait à l'état de pureté, dans l'autre il se trouvait mélangé avec une certaine quantité d'une dissolution de phosphate de soude, contenant 27 p. c. de PO_5 $2NaO$ HO. Toutes les expériences furent faites, comme celles de M. Mayer, sur le chien: (Voy. tableau p. 148.)

Dans ces cinq déterminations primitives la proportion la plus forte de fibrine se trouve toujours du côté du phosphate de soude. Une fois (A), la différence n'est pas plus grande que celle que M. Mayer avait observée dans le sang de la même espèce animale; mais, ce cas unique mis à part, la plus petite des différences que j'obtins en ajoutant du phosphate de soude surpasse la plus grande (24 p. c.) de celles qui s'étaient présentées à M. Mayer dans une série de 18 déterminations. La différence moyenne que M. Mayer avait trouvée dans 11 déterminations, faites sur le même sang, est beaucoup plus faible (13 p. c.) que le

Quantité du sang, en grammes.	Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence.	Observations.
A. a. 30,7 sans mélange.......	0,067	0,218	21 p. c.	La fibrine avait été séparée en secouant le sang avec du plomb grenaillé.
A. b. 41,0 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,113	0,276		
B. a. 67,1 sans mélange.......	0,131	0,195	25 〃	Idem.
B. b. 83,8 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,220	0,262		
C. a. 63,5 sans mélange.......	0,098	0,154	28 〃	Idem.
C. b. 31,3 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,067	0,214		
D. a. 65,3 sans mélange.......	0,131	0,200	......	a. Séparée du caillot au bout de 12 heures.
D. b. 63,9 〃 〃	0,134	0,209	......	b. Séparée en secouant.
E. a. 53,1 sans mélange.......	0,067	0,126	34 〃	a. et b. Séparée en secouant avec du plomb grenaillé.
E. b. 55,5 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,107	0,192		
F. a. 54,1 sans mélange.......	0,042	0,077	50 〃	a. et b. Séparée du caillot.
F. b. 55,6 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,085	0,154		

minimum auquel conduisirent mes propres recherches (21 p. c.); et, pour ne pas parler du maximum, la différence moyenne dans mes 5 déterminations (31 p. c.) est beaucoup plus forte que la différence la plus considérable qu'on remarque parmi les 18 déterminations de M. Mayer.

Je ne tardai pas à me convaincre toutefois, que, même en recueillant le sang par un tube bifurqué, on n'obtient pas ce liquide avec une composition constante. Surtout lorsqu'on opère sur de petits animaux, ce n'est que dans les premiers instants que le jet possède une régularité et une force suffisantes pour donner lieu à un écoulement à peu près égal par les deux branches du tube; à peine quelques centimètres cubes ont-ils été évacués, que le jet devient irrégulier, et bientôt on voit une des branches, suivant la position du tube, débiter plus de sang que l'autre.

Les nombres donnés par M. Mayer prouvent que la même chose a eu lieu dans ses expériences. Dans sa détermination IV, par exemple, l'une des branches a fourni 125 grammes, l'autre 58 grammes, et il est à remarquer que, pour une même méthode

de dosage de la fibrine (par lavage du caillot), les expériences qui donnèrent les plus grandes différences dans la proportion de fibrine (expériences I, III et IV de M. Mayer) furent précisément celles où les quantités de sang recueillies par les deux branches montraient l'écart le plus considérable.

Dans mes déterminations A, B et C les quantités furent de même inégales. Dans les déterminations D, E et F, je réglai chaque fois la position des deux branches de telle sorte qu'elles débitassent des quantités de sang à peu près égales, ou que, lorsque le jet perdait trop de sa force, le sang s'écoulât alternativement par l'une et par l'autre branche, afin qu'il conservât des deux côtés, autant que posible, une même composition. Par cette précaution la signification de mes résultats s'accrut notablement. Ce furent précisément les déterminations E et F qui montrèrent la plus forte augmentation de la quantité de fibrine dans le sang mélangé de phosphate de soude.

Dans une seconde série d'expériences j'observai la même précaution, mais je ne réussis pas à obtenir des quantités de sang égales. Je trouvai :

	Quantité du sang, en grammes.	Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Observations.
G.	*a*. 45,8 sans mélange	0,084	0,183	Séparée du caillot, dans les deux cas.
	b. 67,7 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,126	0.186	
H.	*a*. 60,2 sans mélange	0,162	0,269	Séparée, dans les deux cas, en secouant le sang avec du plomb grenaillé.
	b. 80,2 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,276	0,344	
I.	*a*. 49,5 sans mélange	0,081	0,163	Séparée du caillot, dans les deux cas.
	b. 53,6 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,079	0,147	

Dans la détermination H, la proportion de fibrine donnée par le sang mélangé de phosphate de soude surpasse de nouveau de 27 p. c. celle du sang pur de tout mélange; mais dans la détermination G il n'y a pas de différence, et dans la détermination H le résultat est même négatif. Des l'abord pourtant je n'ai

attaché que peu d'importance à ce résultat négatif, parce que dans l'expérience qui s'y rapportait le sang avait coulé très irrégulièrement dans les deux flacons, de sorte que je n'étais nullement certain d'avoir réellement employé du sang de composition identique.

Les grands écarts trouvés par M. Mayer doivent, sans aucun doute, être attribués en partie à la même cause. Lorsqu'on prend deux portions du *même* sang, et qu'on en sépare la fibrine *de la même manière*, on ne trouve pas d'écarts aussi considérables. Pour être bien sûr que j'expérimentais sur du sang de composition égale, je recueillis le sang, qui se déchargeait par les vaisseaux du cou, dans une capsule, le mélangeai à la main, et l'introduisis ensuite dans des flacons tarés, préparés d'avance. Après que le caillot qui se formait s'était bien contracté, on le lavait dans une fine toile de lin, et le résidu de fibrine était séché à 120°, puis pesé. On trouva ainsi :

Quantité de sang, en grammes.		Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence maximum.
K. Vache...	*a.* 138,8.......	0,670	0,48	12 p. c.
	b. 138,2........	0,679	0,49	
	c. 114,2.......	0,633	0,55	
	d. 150,2.......	0,798	0,53	
L. Chèvre...	*a.* 72,6	0,360	0,49	12 p. c.
	b. 63,1........	0,359	0,56	
M. Chien...	*a.* 54,8........	0,252	0,45	4 p. c.
	b. 48,0........	0,211	0,43	

L'expérience fut ensuite répétée de la même manière, mais avec addition de phosphate de soude, sur du sang de lapin et du sang de chien. En voici les résultats: (Voy. tableau p. 151).

Chez le lapin, comme on voit, il s'était de nouveau manifesté une différence assez considérable à l'avantage du phosphate de soude, mais chez le chien on ne constata pas la moindre différence. Il est vrai que dans ce dernier cas la proportion de fibrine

Quantité de sang, en grammes.		Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence.
N. Lapin..	a. 20,2 sans mélange	0,065	0,32	18 p. c.
	b. 23,5 avec 3 c. c. phosph. sod ...	0,092	0,39	
O. Chien...	a. 54,8 sans mélange	0,252	0,45	Pas de différence.
	b. 48,0 〃 〃	0,211	0,43	
	c. 48,1 avec 5 c. c. phosph. sod...	0,224	0,43	
	d. 61,6 〃 3 〃 〃 〃 ...	0,271	0,43	

contenue dans le sang était beaucoup plus grande que dans mes cinq premières déterminations, et que je n'avais employé qu'une quantité relativement faible de phosphate de soude. J'avais en effet remarqué, dans des expériences antérieures, que de grandes quantités de phosphate de soude (pour une petite proportion de fibrine) ont pour effet que la fibrine se sépare à un état de si grande division, que sa détermination devient impossible; par ce motif, je n'avais ajouté, en dernier lieu, que fort peu de phosphate de soude. Dans mes premières déterminations, l'augmentation la plus considérable due au phosphate de soude (100 p. c.) avait été obtenue par l'addition de 5 c. c. de la solution de ce sel à 50 c. c. de sang; mais la proportion de fibrine était, dans ce cas, 6 fois plus petite que dans le sang examiné en dernier lieu. Il se peut donc que pour celui-ci la dose de phosphate de soude ait été trop faible.

En conséquence, je répétai encore une fois l'expérience, en employant des quantités différentes de phosphate de soude, et comme l'action de ce sel sur les corpuscules sanguins doit nécessairement être plus forte quand on agite le liquide que lorsqu'on le laisse en repos, j'opérai de nouveau la séparation de la fibrine par l'agitation avec de la grenaille de plomb, mais en faisant simultanément un dosage au moyen du caillot. Pour égaliser d'ailleurs les conditions autant que possible, j'ajoutai à l'une des dissolutions autant de c. c. d'eau que l'autre avait reçu de c. c. de phosphate de soude. J'obtins ainsi:

Quantité de sang, en grammes.	Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Observations.
P. a. 69,0 avec 5 c. c. d'eau......	0,119	0,17	a. Séparée par le lavage du caillot.
P. b. 68,5 〃 5 〃 〃	0,169	0,24	b. c. d. et e. Séparée en secouant avec de la grenaille de plomb.
P. c. 66,2 〃 5 〃 phosph. sod..	0,169	0,25	
P. d. 70,1 〃 10 〃 d'eau.......	0,179	0,25	
P. e. 67,3 〃 10 〃 phosph. sod..	0,380	0,56	

L'expérience montre, avec évidence, que l'agitation avec la grenaille donne plus de fibrine que n'en fournit le lavage du caillot formé tranquillement. Cela résultait aussi déjà des déterminations G et H. La quantité de fibrine accuse toujours une diminution dans les portions de sang recueillies successivement, quand on détermine la fibrine de la même manière. Ici, la détermination G, relative au sang écoulé en premier lieu, donna moins de fibrine que la détermination H du sang recueilli postérieurement. Mais, dans l'expérience G la fibrine avait été obtenue par le lavage du caillot, dans l'expérience H par l'agitation avec de la grenaille, et c'est là, manifestement, la cause de la différence. Dans l'expérience P, en effet, nous voyons exactement la même chose: en *a*, où la fibrine fut déterminée par le lavage du caillot, nous trouvons 0,17 p. c. de fibrine, tandis que le même sang en fournit 0,24 p. c. par l'agitation avec la grenaille.

L'addition d'eau paraît également ne pas être dépourvue de toute influence.

Mais ce qui a pour nous le plus d'intérêt, c'est de voir que l'augmentation de la proportion de fibrine, restée pour le moins douteuse en *c*, après l'addition de 5 c. c. de phosphate de soude, est devenue en *e*, après l'addition de 10 c. c. de phosphate de soude, si considérable que nous obtenons une quantité plus que double de fibrine en opérant tout à fait sur le même sang. Ce résultat est, à mon avis, décisif.

Il y a, toutefois, encore un autre moyen de prouver que la fibrine doit provenir en partie des corpuscules du sang. J'ai déjà fait remarquer précédemment, que la quantité de fibrine qu'on obtient en recevant le sang dans une solution étendue de sel marin, et séparant la fibrine du plasma ainsi dilué, est beaucoup plus faible que celle qu'on retire directement du sang. Parfois — et même assez souvent — la matière albumineuse reçue dans cette solution de sel ne montre pas trace de coagulation spontanée. D'après cela, j'essayai si je ne pourrais établir aussi quantitativement, par voie d'exclusion, que la fibrine doit provenir en partie des corpuscules du sang.

Une partie du sang de chien de l'expérience M fut mêlée, avant la coagulation, avec une solution de chlorure de sodium à 4 p. c. Lorsque les corpuscules se furent bien déposés, on enleva le liquide, sans aucun mélange de sang, et on le sépara en deux portions. Dans l'une de ces portions on détermina la matière précipitable par Cl Na; elle s'élevait à 0,59 p. c. Dans le sérum du même sang Cl Na précipita 0,48 p. c. d'albumine.

Bien qu'une solution de 4 p. c. Cl Na dissolve indubitablement une certaine quantité de la matière albumineuse des corpuscules sanguins, — après un second traitement des corpuscules je trouvai dans le liquide 0,25 p. c. de matière précipitable par Cl Na, — on voit que le plasma étendu de solution de chlorure de sodium à 4 p. c. renferme une quantité de matière inférieure à la somme de la fibrine et de la globuline du sérum. En effet, la détermination la plus faible a donné 0,43 p. c. pour la fibrine de ce sang, et dans le sérum Cl Na a précipité 0,48 p. c. de globuline, tandis que le plasma ne contient en tout que 0,59 p. c. de matière albumineuse. Si le déficit n'avait été comblé par les corpuscules du sang, d'où l'albumine serait-elle donc provenue?

On observe la même chose, et d'une manière encore plus frappante, avec le sang de poulet. Dans ce sang, la fibrine n'est pas facile à déterminer, parce que l'addition de l'eau donne lieu à la formation d'une masse gélatineuse, qui passe à travers le linge quand on l'exprime. Si l'on secoue le sang avec de la gre-

naille et qu'on sépare alors, par une légère pression, le sang mêlé d'eau, il reste encore toujours une masse gélatineuse sur le linge; mais, en reportant celle-ci dans le flacon et secouant de nouveau, on parvient assez bien à retenir la matière albumineuse qui y existe à l'état insoluble. Je trouvai ainsi dans le sang de poulet une proportion de fibrine de 5,52 p. c. Ce chiffre est déjà éloquent par lui-même, mais la preuve devient encore plus concluante quand on sait que le même sang, reçu dans une solution de Cl Na à 4 p. c., ne donne que 2,44 p. c. d'albumine précipitable par Cl Na. Où est la source des autres 3,08 p. c. de matière albumineuse, si ce n'est pas le stroma (zooïde) des corpuscules du sang qui les fournit?

Combien est peut-être faible la quantité de cette matière précipitable par Cl Na qui existe dans le plasma pendant l'état de vie!

Nos résultats quant à la fibrine du sang sont donc les suivants:

1°. La quantité de fibrine qu'on retire du même sang, par le même traitement, présente, comme conséquence naturelle de l'imperfection du procédé de séparation (à l'aide d'un linge), des différences, qui toutefois sont moins grandes que M. Mayer ne l'avait cru.

2°. Par le battage du sang on trouve, *cœteris paribus*, une proportion de fibrine plus forte que par le lavage du caillot.

3°. Les différences deviennent, toutefois, beaucoup plus grandes que M. Mayer lui-même ne les avait trouvées, quand on mélange le sang, avant sa coagulation, avec une certaine quantité de phosphate de soude, et qu'on le secoue ensuite.

4°. Dans le plasma du chien, la quantité de fibrine, ou des substances-mères de la fibrine, est certainement beaucoup plus petite que la quantité de matière fibrineuse et de globuline que le sang fournit.

5°. Dans le sang du poulet, la quantité de fibrine qu'on obtient est, à elle seule, beaucoup plus grande que la quantité de matière fibrinogène qu'on peut séparer du plasma étendu d'une solution de sel à 4 p.c.

6°. La matière albumineuse du stroma (zooïde) des corpuscules sanguins contribue par conséquent, sans aucun doute, à la formation de la fibrine.

SUR UN
APPAREIL ENREGISTREUR UNIVERSEL,

PAR

A. HEYNSIUS.

(V. planche II.)

L'ancien kymographion de Keinath et celui qui a été imaginé postérieurement par Sauerwald, dans leur construction primitive, ne sont appropriés l'un et l'autre qu'à l'enregistration de la pression du sang. Le cylindre de ces instruments est d'abord trop petit pour un appareil enregistreur universel, et ensuite il ne peut tourner que dans un seul plan horizontal, de sorte que tous les autres appareils doivent être déplacés dès que le cylindre a accompli une rotation.

Pour obvier à ces inconvénients, mon collègue M. Donders avait apporté, il y a déjà bien des années, différentes modifications au kymographion primitif de Keinath; le cylindre avait été considérablement agrandi, et il descendait lentement pendant que s'opérait son mouvement de rotation. De commun accord avec M. Donders, je chargeai M. Olland, d'Utrecht, de me construire un appareil enregistreur muni d'un cylindre de dimensions suffisantes, et combiné de telle sorte que non-seulement le cylindre pût, à volonté, tourner dans un même plan horizontal ou descendre pendant qu'il tournait, mais aussi que la vitesse de rotation du cylindre et la quantité dont il descendait à chaque tour pussent être augmentées ou diminuées.

L'appareil fourni par M. Olland est figuré dans son ensemble sur la planche II.

Sur le pied en fer, assez massif, qui porte tout l'appareil, se trouvent une série de roues qui communiquent le mouvement de rotation au cylindre *a*. Ce cylindre, qui a une hauteur de 25 et une circonférence de 59,5 centimètres (tout juste les dimensions nécessaires pour qu'une demi-feuille de papier satiné ordinaire s'applique en entier sur le cylindre et le recouvre complétement) peut s'élever et s'abaisser, dans un même plan vertical, le long d'une rainure pratiquée sur l'axe *b*, et être fixé en chaque point de cet axe par la vis de pression *c*.

Au-dessous du cylindre *a* se trouve un support *d*, sur lequel le cylindre repose quand la vis de pression *c*, desserrée, ne le fixe pas sur l'axe *b*. Le contre-poids *e* fait équilibre au cylindre. Le support descend le long de la tige *f*, lorsque le corde *g*, à laquelle il est suspendu, ne s'y oppose pas. Au-dessous du cylindre le support se divise en deux bras, qui embrassent un anneau existant à la base du cylindre. Ces bras, de même que la tige du support, sont munis de galets h, h', h'', disposés de manière à faciliter la rotation du cylindre sur le support.

Pour que la descente du support et du cylindre se fasse régulièrement, la première roue *i*, — qui est pourvue d'un tambour à rainures, destiné à recevoir la corde à laquelle est suspendu le poids *k* qui met tout le mécanisme en mouvement, — engrène non-seulement avec le pignon *l* qui fait tourner le cylindre, mais aussi avec la roue *m*. L'axe de cette roue est garni d'une broche carrée sur laquelle s'adaptent des petites bobines en cuivre de différents diamètres. Sur ces bobines s'enroule la corde *g*, dont l'autre extrémité, passant sur les poulies *o* et o', soutient le support *d*. En même temps que le cylindre tourne, la corde se déroule de la bobine *n*, le support et par suite le cylindre descendent par leur propre poids, et d'autant plus que la corde se déroule davantage, d'autant plus, par conséquent, que la bobine a un plus grand diamètre. — Lorsque le cylindre est parvenu de cette manière au bas de sa course, on peut le faire remon-

ter, avec son support, en tournant en sens contraire, à l'aide de la poignée *p*, l'axe de la bobine, lequel est pourvu d'une roue à rochet.

Quand le cylindre est arrêté en l'un ou l'autre point de l'axe *b*, le bras *q*, qui peut être fixé au haut de cet axe, donne le moyen de ne faire exécuter, chaque fois, qu'une seule rotation au cylindre. A cet effet, ce bras est armé d'un ressort qui tend à abaisser une goupille, laquelle, vers la fin de la rotation, remonte le plan incliné *r*, à l'extrémité duquel elle tombe dans une rainure. L'une des parois de cette rainure, celle qui empêche la continuation du mouvement, est attachée à un ressort, lequel permet de la retirer par une traction exercée sur un petit crochet, ce qui donne au cylindre l'occasion de commencer un second tour. On peut aussi relever la goupille du bras *q* et la mettre ainsi tout à fait hors de jeu.

Pour empêcher que le mécanisme ne soit endommagé lorsque le cylindre est brusquement arrêté dans sa marche par la chute de la goupille dans sa rainure, le pivot de la roue à laquelle est attaché le pendule conique est embrassé par un petit tube, ajusté à frottement assez dur pour ne se mouvoir qu'avec peine sur le pivot. Ce tube porte une fourchette en cuivre qui met le pendule en mouvement. Au moment où la chute de la goupille enraie subitement les rouages, le pendule continue encore à se mouvoir, en faisant tourner la pièce en cuivre sur son pivot, ce qui a pour effet de prévenir toute détérioration. En outre, dans ces circonstances, le pendule retombe bientôt contre la petite table *s*, qui contribue à éteindre son mouvement.

Pour que le cylindre puisse prendre différentes vitesses angulaires, l'appareil est disposé de telle sorte que le pendule peut être fixé, soit au pivot de la roue *t*, soit à celui de la roue *t'*.

Lorsque le pendule est suspendu, comme dans la figure, au pivot de la roue *t*, le pignon *u*, qui a 15 dents, engrène avec la roue *t'*, qui en a 45. Pendant que la roue *t'* fait un tour, le pendule exécute donc trois révolutions.

Lorsque, au contraire, le pendule est attaché au pivot de la roue t', cette roue tourne, naturellement, avec la même vitesse que le pendule.

La roue t' peut, à volonté, être mise en contact avec l' ou avec l'', ces deux roues étant susceptibles d'être déplacées sur l'axe du cylindre. La roue l'' possède 45 dents, c'est-à-dire autant que la roue t'. Lors donc que l'' engrène avec la roue t', le cylindre se meut avec la même vitesse angulaire que le pendule ou trois fois plus lentement, suivant que ce pendule est suspendu à t' ou à t.

Mais si l'on abaisse la roue l'' sur l'axe du cylindre, et qu'on mette la roue l', qui est plus grande, en contact avec le pignon u porté sur l'axe de la roue t', le mouvement est considérablement ralenti. La grande roue compte 72 dents, la petite, 12. Pour que le cylindre fasse un tour, le pignon doit par conséquent en faire six, et ce mouvement peut encore être réduit au tiers en fixant le pendule non à t', mais, comme dans la figure, à t.

Nous obtenons de cette manière, avec une longueur déterminée du pendule, quatre vitesses de rotation, qui sont entre elles comme 1, 3, 6 et 18. Or l'appareil est pourvu de deux pendules, de longueur différente (80 et 60 centimètres), ce qui nous met en état de réaliser huit vitesses différentes. Avec la plus petite de ces vitesses le cylindre exécute une rotation dans environ une demi-minute, avec la plus grande, dans un peu plus de une seconde.

Pour assurer la marche régulière du mécanisme, avec ces diverses vitesses, le poids moteur k doit, naturellement, pouvoir être renforcé ou allégé. A cet effet, il se compose de disques en plomb superposés, dont le nombre peut être augmenté ou diminué, suivant les besoins.

Tout l'appareil, y compris le cylindre, peut encore basculer autour de l'axe v et se placer horizontalement; pour cela il suffit de retirer la clavette x, qui le maintient dans la position verticale figurée. Le mouvement ne peut plus alors être imprimé aux rouages par le poids k, mais on fait tourner le cylindre à la

main, à l'aide d'une manivelle. Dans cette nouvelle position, la progression régulière du cylindre le long de son axe est obtenue au moyen de quatre spirales ou portions de vis, de pas différent, qui peuvent être vissées au haut du cylindre, et dont le filet s'engage entre les dents d'une crémaillère, qui se trouve en avant de la colonne A, mais qui a été omise dans la figure pour ne pas nuire à la clarté.

On voit encore devant l'appareil enregistreur une planchette A′, mobile sur deux tiges en fer *y* et *y′*, et un bras A″ servant à maintenir un manomètre.

Enfin l'étrier en fer *z* peut être dévissé, ce qui permet d'enlever le cylindre avec son axe, quand on veut le recouvrir du papier satiné, noirci à la fumée d'une lampe au pétrole, ou détacher la feuille après qu'elle a reçu le tracé des mouvements étudiés.

Le résultat de mon expérience est que cet appareil répond suffisamment au but qu'on a cherché à atteindre. L'emploi du pendule conique offre quelques inconvénients. Quand on ne soigne pas que l'axe de son mouvement soit bien vertical, et que ce mouvement lui-même soit parfaitement circulaire, le cylindre, naturellement, ne se meut plus d'une manière uniforme, mais avec des vitesses variables. Il est difficile aussi de trouver la charge convenable du poids *k*, et, lorsqu'il est trop lourd, le mouvement, on le conçoit, s'accélère peu à peu. Mais depuis que, dans toutes les expériences de ce genre, j'utilise un diapason, dont les vibrations, en nombre connu, s'inscrivent simultanément sur le cylindre et servent de base aux déterminations chronométriques, ce défaut n'a plus aucun inconvénient réel.

SUR LES MOYENS DE

PRÉSERVER LE BOIS DES ATTAQUES DU TARET,

PAR

E. H. VON BAUMHAUER.

Dans le Tome I de ces *Archives* j'ai donné un extrait des six premiers rapports de la Commission que l'Académie royale des Sciences d'Amsterdam avait chargée d'étudier la structure et la manière de vivre du taret ainsi que les moyens de préserver le bois de l'action destructrice exercée par cet animal.

Les résultats auxquels la Commission était parvenue et qui se trouvent résumés pag 42 du volume cité, étaient les suivants:

1°. Aucun enduit extérieur, de quelque nature qu'il soit, ne protége le bois.

2°. L'imprégnation avec des sels inorganiques, considérés habituellement comme étant des poisons pour les animaux, ne constitue pas une protection plus efficace.

3°. Le petit nombre de bois exotiques, tels que le bois de Gaïac et le Mambarklak, qui avaient été essayés à cette époque, n'étaient pas restés à l'abri des atteintes du taret.

4°. La Commission était arrivée à la conclusion que le seul moyen de préservation auquel on pouvait attribuer, *avec grande probabilité*, une efficacité réelle, était l'imprégnation avec de l'huile de créosote de bonne qualité.

La Commission avait dès lors obtenu des résultats satisfaisants avec les essences légères, telles que le sapin rouge et blanc et

le peuplier, qui se laissent facilement pénétrer par l'huile de créosote. Mais à l'égard du chêne, beaucoup plus dense et plus difficilement perméable au liquide, elle avait dû suspendre son jugement jusqu'à ce qu'elle eût constaté l'état de conservation de pieux en chêne placés dans l'eau de mer au Nieuwe Diep, après avoir été créosotés, par un procédé perfectionné, dans les ateliers de la Société pour la préparation et la conservation du bois, à Amsterdam.

Le septième et dernier rapport de la Commission ayant été soumis récemment à la classe des Sciences physiques de l'Académie (séance du 31 Octobre 1868), je crois devoir compléter ma communication antérieure en faisant connaître succinctement les résultats définitifs auxquels ont conduit ces expériences continuées pendant dix années.

A la demande de la Commission, le gouvernement des Pays-Bas avait fait venir de nos colonies des Indes Occidentales les espèces de bois suivantes:

Yari-yari, Aratte, Mambarklak, Cœur-vert, Cœur-brun, Wane, Kopie, Bolletrie, Locus, Krapa, Cœur-pourpre, Cèdre rouge et Priti-yari.

Des pièces de ces différents bois, longues de 4,20 à 6,70 mètres et ayant $\frac{20}{23}$ à $\frac{31}{35}$ centimètres d'équarrissage, furent exposées à l'action de l'eau de mer, à Flessingue, à Stavoren et au Nieuwe Diep, sous la surveillance de MM. les Ingénieurs en chef du Waterstaat.

Au Nieuwe Diep les pieux furent mis à l'eau le 5 juillet 1865. Leurs têtes s'élevaient de 0,20 à 2,75 mètres au-dessus de la pleine mer, en un point où la sonde indiquait une profondeur de 3,80 mètres au-dessous de ce même niveau.

Le 10 janvier 1867, par conséquent après un intervalle de 18 mois, on constata les faits suivants:

Un des pieux du bois d'*Aratte* n'était pas attaqué, mais à la surface des deux autres on compta sur une longueur de 0,80 m. 90 trous et sur une longueur de 0,05 m. jusqu'à 32 trous, d'un diamètre de 2 à 6 millimètres, et dans lesquels le taret avait pénétré à une profondeur de 45 millimètres.

Les deux pieux de *Manbarklak* étaient attaqués et présentaient

sur une longueur de 0,35 m. 59 et sur une longueur de 0,36 m. 8 trous, de 2 à 7 millimètres de diamètre; le taret s'était enfoncé à une profondeur de 17 millimètres.

Le *Cœur-vert* était un peu moins attaqué que le *Manbarklak*; sur une longueur de 0,03 m. on y rencontra 4 et sur une longueur de 0,90 m. 7 trous, de 2 à 4 millimètres de diamètre et ayant jusqu'à 30 millimètres de profondeur. Dans le *Cœur-brun* le taret était plus abondant et avait creusé des trous de 3 à 6 millimètres de diamètre.

Le *Wane* montrait sur une longueur de 0,05 m. 3 et sur une longueur de 0,25 m. 5 trous, de 2 à 4 millimètres de diamètre; le taret avait pénétré à une profondeur de 37 millimètres.

Le *Kopie* offrait sur une longueur de 0,50 m. 20 et sur une longueur de 0,45 m. 51 trous de 2 à 4 millimètres de diamètre; le taret avait perforé le bois à une profondeur de 42 millimètres.

Le *Bolletrie* était parsemé sur une longueur de 1,25 m. de 117 trous de 3 à 9 millimètres de diamètre, et sur une longueur de 1,55 m. de 369 trous de 2 à 7 millimètres de diamètre; ces trous s'étendaient dans le bois à une profondeur de 62 millimètres.

Le *Locus* comptait sur une longueur de 1,05 m. 269 et sur une longueur de 1,40 m. 288 trous, de 2 à 7 millimètres de diamètre; le taret avait atteint une profondeur de 72 millimètres.

Le *Krapa* avait sur une longueur de 1,90 m. 293 et sur une longueur de 1,70 m. 208 trous, de 4 à 9 millimètres de diamètre; le taret s'était enfoncé à une profondeur de 44 millimètres.

Le *Cœur-pourpre* était criblé sur une longueur de 1,35 m. de 371 et sur une longueur de 2,05 m. de 663 trous, de 2 à 10 millimètres de diamètre; le taret était parvenu à une profondeur de 87 millimètres.

Le *Cèdre rouge* présentait sur une longueur de 1,50 m. 226 et sur une longueur de 1,80 m. 263 trous, de 4 à 9 millimètres de diamètre; le taret avait pénétré a une profondeur de 51 millimètres.

Le *Priti-Yari* avait sur une longueur de 1,35 m. 281 et sur une longueur de 1,60 m. 223 trous, de 4 à 11 millimètres de diamètre; le taret s'était enfoncé à une profondeur de 43 millimètres.

On voit que l'*Aratte*, le *Manbarklak* et le *Cœur-vert* ont le mieux

résisté à la destruction, tandis que le *Priti-Yari* et le *Cèdre rouge* ont été le plus atteints par le taret.

Il faut remarquer d'ailleurs que la pièce d'*Aratte* était très irrégulière de forme et de dimensions et présentait beaucoup de cavités allongées dont les bords étaient recouverts d'aubier et qui offraient au taret le moyen de s'introduire dans le cœur du bois.

A Stavoren le résultat ne fut guère plus favorable. Dans cette localité, le bois avait été immergé au printemps de 1865 et fut examiné au mois de décembre 1866.

Sur l'*Aratte*, l'aubier seul, qui occupait presque partout les angles des pièces et qu'il était facile de distinguer, avait été attaqué, principalement sur une longueur de 25 à 30 centimètres; on y compta environ 25 trous, la plupart de 4 à 6 millimètres de diamètre. Dans le bois proprement dit on ne put découvrir aucune trace de perforation.

Le *Manbarklak* ne montrait aucun vestige de taret.

Le *Bolletrie* était attaqué assez fortement, non-seulement à la surface, mais aussi à une certaine profondeur, et sur une longueur de 35 à 40 centimètres; les trous avaient 3 à 6 millimètres de diamètre et étaient au nombre d'environ une centaine.

Dans le *Cœur-brun* on n'apercevait, comme dans le *Manbarklak*, aucune trace de taret.

Le *Cèdre rouge* était fortement attaqué, tant à l'intérieur qu'à la surface; presque un tiers de l'épaisseur du bois était rongé par le mollusque. La partie attaquée ne s'étendait que sur une longueur de 40 à 50 centimètres; la plupart des trous avaient de 4 à 7 millimètres de diamètre.

Le *Cœur-vert* n'était pas entièrement débarrassé de l'aubier sur les angles. Cet aubier seul avait subi les atteintes du taret, à peu près au même degré que celui de l'*Aratte*. Le bois lui-même était parfaitement intact.

Le *Kopie* était attaqué sur une longueur de 40 à 45 centimètres, mais le plus sur les angles. On y voyait une trentaine de trous, la plupart de 3 à 7 millimètres de diamètre. La circonstance que ce bois avait le plus souffert aux angles n'était pas imputable à l'aubier, car cette partie manquait.

Le *Krapa* avait été très fortement ravagé, aussi bien intérieurement qu'extérieurement. Les deux cinquièmes de l'épaisseur du bois étaient perforés de trous ayant, la plupart, de 4½ à 6 et 7 millimètres de diamètre. La partie attaquée occupait une longueur de 40 à 50 centimètres.

Le *Locus*, bois auquel tenait encore beaucoup d'aubier, avait été perforé sur une longueur de 50 centimètres. L'aubier était entièrement rongé. Le plus grand nombre des trous avaient un diamètre de 5 à 6 et quelques-uns de 8 millimètres.

Le *Cœur-pourpre* avait été attaqué si fortement que le bois était ravagé sur près de la moitié de son épaisseur. Les ravages s'étendaient sur une longueur de 50 centimètres, et les trous avaient en général un diamètre de 4 à 7 millimètres.

Les deux pièces de *Wane* étaient envahies par le taret, la plus forte sur une longueur de 20 à 25 centimètres, la plus faible sur une longueur de 40 centimètres; la première comptait environ 25 trous, la seconde 80 à 90; dans les deux pièces, la plupart des trous avaient un diamètre de 3 à 6 millimètres.

Enfin le *Priti-Yari* était attaqué sur une longueur de 50 centimètres et montrait 100 à 110 perforations, dont la plupart avaient 3 à 5 millimètres de diamètre, mais dont quelques-unes atteignaient 6 et même 7 millimètres. Le plus grand nombre des trous se trouvaient toutefois dans l'aubier, dont ce bois n'était pas complétement débarrassé.

Tous les bois dont il vient d'être question, avant d'être installés, avaient été aiguisés en pointe sur une longueur de 3 décimètres; ils avaient ensuite été enfoncés dans le sol à une profondeur de 2 décimètres (c'est-à-dire à 1,20 m. au-dessous du niveau de la pleine mer). Le bois fut attaqué le plus fortement à la hauteur de 15 à 20 centimètres au-dessus du fond ou 80 à 85 centimètres au-dessous de la pleine mer. La pointe cachée dans le sol resta intacte dans la plupart des cas.

A Flessingue, les pièces de bois avaient été placées au pied de la digue le 17 Juillet 1865. Un an après, aucune d'elles ne montrait encore de traces de taret; mais au bout d'une seconde année toutes les espèces de bois étaient attaquées à un haut degré, à l'exception du *Manbarklak* et du *Cœur-brun*, dont l'état d'intégrité persistait encore à la fin de la troisième année.

Ces expériences, exécutées sur une grande échelle, démontrent suffisamment — ce qui était encore douteux d'après notre premier travail — que parmi les bois de Surinam, dont plusieurs sont remarquables par leur grande dureté, on n'en trouve aucun qui résiste à l'action destructrice du taret.

D'un autre côté, les rapports adressés à la Commission par MM. les Ingénieurs en chef du Waterstaat sur les épreuves auxquelles avaient été soumis les pieux créosotés de sapin rouge et de chêne, tant à Flessingue et à Neuzen qu'au Nieuwe Diep, sont unanimes à constater que ceux de ces pieux qui étaient bien pénétrés de créosote jusqu'au centre ont tous été préservés des ravages du taret. On peut citer en particulier deux pieux en chêne créosotés, qui avaient été placés au Nieuwe Diep en 1857, et qui en 1868, par conséquent après un laps de temps de plus de dix années, ne présentaient aucun vestige de taret.

Ainsi qu'il a été dit dans ma communication précédente, la Commission avait fait immerger en mars 1865, près de la jetée en varech au Nieuwe Diep, des pieux en sapin rouge et en chêne, d'un diamètre de 2 décimètres, qui avaient été injectés par une méthode perfectionnée dans les ateliers d'Amsterdam. Au mois de février 1867 tous ces pieux étaient encore parfaitement conservés. Lors d'un nouvel examen, en février 1868, les pieux de sapin rouge offraient toujours le même état d'intégrité; quant aux pieux de chêne, ils ne purent être retrouvés; les tempêtes et les éboulements du talus en pierre de la jetée les avaient emportés. Les mêmes causes empêcherent toute constatation ultérieure à l'égard des pieux de sapin; à la fin de 1868 tous ces pieux avaient disparu.

L'action préservatrice de la créosote était encore attestée par une fascine imprégnée de ce liquide et qui, après un séjour de trois années dans l'eau de mer au Nieuwe Diep, fut trouvée, en 1868, entièrement exempte de taret.

Bien que la disparition de nos pieux d'essai, par suite de tempêtes, ait rendu impossible la continuation des expériences, il n'en reste pas moins acquis — point qu'il importait surtout de constater — que de fortes pièces de chêne se laissent imprégner de

créosote jusqu'au centre, de sorte qu'il ne reste aucune partie du bois qui ne soit saturée de l'agent préservateur; c'est du reste ce dont on avait déjà pu s'assurer en pratiquant la section de ces pièces.

En résumé, la Commission croit pouvoir tirer les conclusions suivantes des études auxquelles elle s'est livrée, pendant dix années, sur les moyens de mettre le bois à l'abri du taret:

1°. Les revêtements extérieurs, quelle qu'en soit la nature, n'ont aucune utilité, vu que les frottements de l'eau et des glaçons les entament promptement et qu'il suffit que le bois ait été mis à découvert sur une partie très petite, presque imperceptible, pour que le jeune taret puisse s'y frayer un passage. Tout au plus y aurait-il une exception à faire en faveur du revêtement qu'on obtient en couvrant le bois de clous de mailletage très serrés, qu'on laisse s'enrouiller ensuite pour boucher tous les interstices restés ouverts; mais, outre que ce moyen est très dispendieux, on a vu dans ma communication précédente, que le taret parvient encore à s'introduire dans le bois en dépit de cette protection.

2°. Bien qu'on ait expérimenté les bois les plus divers, et entre autres un assez grand nombre de bois exotiques, dont plusieurs sont désignés vulgairement, par suite de leur excessive dureté, sous le nom de *bois de fer*, on n'en a rencontré aucun qui résiste aux attaques du taret.

3°. Parmi les nombreux agents toxiques dont on a essayé d'imprégner le bois pour le mettre à l'abri de l'action destructrice du taret, il n'y a que l'huile de créosote, qui protége réellement le bois; selon toute probabilité, c'est l'acide phénique ou carbolique, contenu dans cette huile, qui est l'agent protecteur. Mais, pour que cette protection conserve son efficacité pendant longtemps, il est absolument nécessaire que le bois soit parfaitement pénétré d'une huile de créosote de bonne qualité, c'est-à-dire, probablement, d'une huile qui renferme une quantité suffisante d'acide carbolique.

Une expérience prolongée pourra du reste seule faire connaître pendant combien d'années du bois bien créosoté restera à l'abri des ravages du taret.

SUR LA

DILATATION ABSOLUE DU MERCURE

D'APRÈS LES EXPÉRIENCES DE M. REGNAULT,

PAR

J. BOSSCHA Jr.

Les expériences entreprises par M. Regnault pour déterminer les principales lois et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur [1]), doivent leur haute valeur scientifique, non-seulement au talent hors ligne de l'illustre expérimentateur, mais aussi au soin qu'il a mis à faire connaître aussi complétement que possible toutes les données et toutes les circonstances de l'observation. Cette méthode, encore trop peu suivie dans l'exposition des recherches de physique expérimentale, a le grand avantage d'offrir à tous ceux qui ont à les consulter le moyen de fixer leur opinion au sujet du degré de certitude qui peut être attribué aux résultats obtenus. Un autre avantage non moins grand de cette méthode est d'assurer au travail expérimental une valeur durable. Si plus tard, en effet, on vient à reconnaître la nécessité de tenir compte, dans le calcul des résultats, de circonstances dont l'influence n'avait pu être pressentie à l'origine, ou si l'exactitude du calcul lui-même paraît laisser à désirer, on trouve ordinairement dans la description des expériences les données qui permettent d'introduire les corrections jugées nécessaires.

C'est surtout sous ce dernier rapport qu'un usage utile peut être fait des détails circonstanciés communiqués par M. Regnault. Quand on étudie les mémoires de M. Regnault avec quelque

---

[1]) *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France*, T. XXI.

attention, on reconnaît promptement que le soin apporté aux calculs n'est nullement proportionné au mérite des observations. Cela est vrai surtout des expériences de M. Regnault sur la dilatation absolue du mercure. Et pourtant, ces expériences doivent être considérées comme le fondement, non-seulement de la série étendue des recherches du célèbre physicien, mais aussi de toute détermination des constantes qui jouent un rôle si important dans les considérations relatives aux machines à vapeur et dans la théorie moderne de la chaleur. En effet, la dilatation des gaz, sur laquelle repose la mesure des températures vraies, ne peut être déterminée à moins qu'on ne connaisse celle des vaisseaux qui les renferment, et pour obtenir cette dernière, le seul moyen convenable, dans l'état actuel de la science, est la mesure des quantités de liquide qui remplissent le vaisseau à différentes températures. Or ce moyen exige la connaissance de la dilatation absolue du liquide, et comme le mercure — en vertu de sa grande densité, de sa conductibilité pour la chaleur, de la facilité avec laquelle on l'obtient chimiquement pur, et de l'intervalle considérable qui sépare les deux points auxquels il change son état d'agrégation — est de tous les liquides celui qui se prête incontestablement le mieux aux expériences de ce genre, la connaissance exacte de la dilatation du mercure doit être regardée comme la première des données que requièrent la théorie des machines à vapeur et celle de la chaleur.

Un examen rapide de la méthode d'après laquelle M. Regnault déduit de ses observations la dilatation du mercure à différentes températures, montrera immédiatement qu'elle ne peut fournir des garanties suffisantes d'exactitude.

M. Regnault [1]) communique quatre séries d'observations, comprenant ensemble 35 déterminations du volume du mercure à différentes températures; la plupart de ces déterminations sont chacune la moyenne de 4 à 6 mesures effectuées à des tempé-

[1]) pag. 300 — 307 et 312 — 315.

ratures qui diffèrent peu entre elles [1]). Le résultat final déduit de ces observations est une formule exprimant la dilatation Δ_T en fonction de la température T du thermomètre à air, savoir:

$$\Delta_T = 0{,}00017900\ T + 0{,}0000002523\ T^2 \ . \ . \ . \ (A)$$

Cette formule a servi de base à la construction d'un tableau, dans lequel est inscrite la dilatation du mercure de 10 en 10 degrés entre 0° et 350°, avec la valeur du coefficient de dilatation, c'est-à-dire $\frac{d\,\Delta_T}{d\,T}$, pour chacune de ces températures. Le degré de confiance que cette formule mérite comme expression véritable du résultat des expériences, dépend entièrement de la manière dont les coefficients numériques ont été déduits des données de l'observation. Or, nous ferons voir que trois expériences seulement ont servi à fixer ces coefficients, de sorte que 32 expériences, comprenant ensemble 123 mesures, sont restées sans influence sur la valeur des constantes.

M. Regnault, en effet, a commencé par appliquer la méthode graphique. Un axe des abscisses ayant été divisé suivant les températures croissantes, les dilatations observées à chaque température furent figurées par les ordonnées correspondantes. Dans cette construction on employa surtout les expériences de la troisième série, qui étaient les plus nombreuses. On joignit ensuite par des droites les sommets des ordonnées successives. De la ligne polygonale ainsi obtenue on déduisit les dilatations pour T = 150° et T = 300°; ces valeurs, substituées à Δ_T dans la formule empirique

$$\Delta_T = x\,T + y\,T^2,$$

donnèrent pour x et y les nombres qui figurent dans la formule (A) ci-dessus.

La ligne polygonale fut alors remplacée par la ligne courbe

[1]) Pour éviter toute confusion dans l'indication des séries, des groupes d'observations à des températures peu différentes, et des observations isolées, nous appellerons chacun de ces groupes une *expérience*, et chaque observation isolée une *mesure*. Le travail expérimental de M. Regnault sur la dilatation absolue du mercure embrasse par conséquent 4 séries, 35 expériences et 135 mesures.

représentée par l'équation (A). On reconnut que les sommets des ordonnées, déterminés d'après les observations, coïncidaient à très peu près avec la ligne courbe.

Il est clair qu'en opérant ainsi, la dilatation à 150° repose uniquement sur les deux observations aux températures les plus voisines, savoir, à 140°,12 (troisième série, 3e expérience) et à 159°,25 (troisième série, 4e expérience). Au lieu de tirer la dilatation à 150° de la construction graphique, on aurait pu la trouver tout aussi bien, sinon plus facilement et plus exactement, à l'aide d'un calcul par parties proportionnelles. Cette remarque est également applicable à la valeur obtenue pour la dilatation à 300°. Ici se présente toutefois cette particularité, que la température la plus élevée à laquelle le mercure fut échauffé, savoir 299°,19, se confond presque avec 300°. La dilatation observée à la température la plus rapprochée, 289°,41, ne pouvait avoir qu'une faible influence sur la dilatation calculée pour 300°, puisqu'elle ne devait servir qu'à déterminer la petite augmentation de dilatation que le mercure éprouve entre 299°,19 et 300°.

Il est facile de se convaincre qu'un simple calcul par parties proportionnelles fournit des résultats presque identiques à ceux que M. Regnault déduisit de sa construction graphique. Dans le tableau de la troisième série on trouve en effet:

Expérience 3 . . . $\Delta_{140,12} = 0,025611$
" 4 . . . $\Delta_{159,25} = 0,029112$
" 10 . . . $\Delta_{299,19} = 0,055738$
" 11 . . . $\Delta_{289,41} = 0,053827$.

Des deux premières on tire:

$$\Delta_{150} = 0,027419;$$

des deux dernières:

$$\Delta_{300} = 0,055896.$$

M. Regnault déduisit de sa construction graphique:

$$\Delta_{150} = 0,027400$$
$$\Delta_{300} = 0,055900.$$

La comparaison des valeurs obtenues pour Δ_{150} et Δ_{300} par deux voies différentes peut faire juger du degré d'exactitude que

M. Regnault sut atteindre dans l'application de sa construction graphique.

La formule empirique (A), résultat final des recherches de M. Regnault sur la dilatation absolue du mercure, ne peut donc être considérée que comme le résultat des trois expériences n°. 3, 4 et 11 de la troisième série. En dehors de ces trois valeurs, la riche collection de données mise au jour par le travail de M. Regnault n'a servi à rien, sauf à faire voir par un simple coup d'œil si elles présentent quelques écarts notables avec la formule de dilatation calculée.

Mais il y a plus: cette comparaison peu rigoureuse du calcul et de l'observation fait même naître quelque doute concernant l'exactitude du résultat obtenu. Les points qui se rapportent aux observations de la seconde série sont tous situés plus bas que la ligne courbe. M. Regnault remarque que cela peut être dû à une erreur dans la détermination du zéro du thermomètre à air. Les points de la quatrième série sont tous situés au-dessus de la ligne courbe, et indiquent par conséquent aussi une erreur constante. M. Regnault attribue celle-ci à une légère imperfection du dispositif des expériences de la quatrième série, lesquelles furent exécutées d'après une autre méthode. Le mince tube en fer, qui réunissait à leur extrémité inférieure les deux colonnes de mercure chaude et froide, avait subi une légère flexion par suite de la dilatation que l'échauffement avait produite dans l'appareil. Or M. Regnault pense qu'il était difficile de connaître exactement la température du mercure dans ce tube, et que cette incertitude suffit à expliquer l'écart des observations de la quatrième série. Mais on peut aisément se convaincre que cette explication n'est pas acceptable. En effet, d'après les données de M. Regnault, la hauteur de l'inclinaison du tube n'était dans la plupart des expériences de la quatrième série que de 4 millimètres, une seule fois elle dépassa 6 millimètres. Ce mince tube de fer était continuellement refroidi par un filet d'eau. En admettant même, ce qui semble peu probable, qu'une incertitude de 50° ait pu exister dans la température de ce tube, on ne serait pas

encore en état d'expliquer le quart des déviations observées.

L'autre supposition mise en avant par M. Regnault, et d'après laquelle la cause de l'écart devrait être cherchée, ici également, dans le thermomètre à air, offre plus de vraisemblance. Mais, dans ce cas, il n'y a aucune raison plausible pour accorder aux déterminations de température de la troisième série plus de confiance qu'à celles des autres séries, et il demeure tout à fait problématique si les différences entre les trois premières séries et la quatrième ne doivent pas être attribuées à une erreur constante résultant de l'application de la première méthode.

Nous avons déjà vu toutefois que la formule (A) ne repose pas sur toutes les expériences de la troisième série. Au fond, la quatrième série est supposée moins exacte parce qu'elle ne concorde pas avec le résultat de trois expériences de la troisième série. Or il est constant que, parmi ces trois expériences, il y en a deux qui présentent moins qu'aucune autre peut-être les caractères d'une bonne réussite. L'expérience n°. 4 se compose en effet des mesures suivantes:

T	Δ_T
159°,25	0,029120
159 ,43	0,029078
159 ,39	0,029149
158 ,94	0,029100

A la température la plus élevée on trouva donc la plus petite dilatation, une dilatation encore plus petite que celle qui fut observée à une température inférieure de près d'un demi-degré.

Un désaccord analogue se manifeste dans les quatre mesures qui ont servi à établir la dilatation à 299°,19. On obtint en effet:

T	Δ_T
299°,09	0,055796
296 ,67	0,055272
301 ,21	0,056088
299 ,79	0,055796

La première et la quatrième de ces mesures donnent la même dilatation, quoique les températures diffèrent de 0°,7.

L'incertitude que ces déviations font peser sur les coefficients de la formule (A) apparaît avec pleine évidence quand on calcule la valeur de ces coefficients d'après d'autres données. Nous choisissons pour cela des expériences à des températures aussi rapprochées que possible de 150° et de 300°, savoir celles qui se rapportent à 140°,12 (3e série, expérience 3) et à 289°,14 (3e série, expérience 11), expériences dont les mesures individuelles montrent un accord beaucoup plus satisfaisant. Voici ces mesures :

3e Série, Expérience 3.

T	Δ_T
140°,05	0,025605
140 ,12	0,025604
140 ,22	0,025631
140 ,10	0,025603
140°,12	0,025611

3e Série, Expérience 11.

T	Δ_T
290°,44	0,053990
289 ,75	0,053893
288 ,05	0,053597
289°,41	0,053827

En mettant dans la formule

$$\Delta_T = x\,T + y\,T^2$$

pour $T = 140°,12$, $\Delta_T = 0,025611$, et pour $T = 289°,41$, $\Delta_T = 0,053827$, on trouve :

$$x = 0,00017978$$
$$y = 0,00000002151;$$

résultat qui diffère déjà d'une manière sensible de celui de M. Regnault, vu que les nouveaux coefficients attribuent une valeur

plus forte à la dilatation aux températures inférieures, une valeur plus faible à la dilatation aux températures supérieures, et qu'ils donnent pour la courbe de dilatation une ligne à courbure moins prononcée.

Remarquons toutefois que les expériences 3, 4 et 11, sur lesquelles se fonde le calcul de M. Regnault, conduisent par elles-mêmes aux valeurs suivantes pour x et y:

$$x = 0{,}0001790$$
$$y = 0{,}00000002444.$$

La différence de ces coefficients avec ceux de la formule de M. Regnault provient de ce que les dilatations observées ont été augmentées de $\frac{1}{1200}$, par suite de considérations sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Une incertitude de $\frac{1}{230}$ dans la dilatation aux basses températures m'a paru peu compatible avec l'exactitude des observations de M. Regnault. J'ai pensé qu'on pourrait la faire disparaître à l'aide d'un nouveau calcul, qui embrasserait toutes les observations et dans lequel on tiendrait compte d'une correction qui me semble ne pouvoir être négligée. Dans la tentative que j'ai faite en ce sens je me suis laissé guider par les considérations suivantes.

Quand il s'agit de déduire d'une série d'expériences la relation entre l'action observée A et l'agent F qui en est la cause, on est dans l'habitude d'adopter une formule à deux ou à un plus grand nombre de termes, de la forme:

$$A = a\,F + b\,F^2 + \ldots \text{etc.}$$

Cette règle générale n'empêche pourtant pas qu'il puisse être utile, avant d'entreprendre le calcul ordinairement très long des coefficients a, b, etc., d'examiner si la nature même du phénomène observé ne rend pas probable l'existence d'une loi plus spéciale. Dans le cas qui nous occupe, on peut donc se poser cette question: quelles sont, au sujet de la loi de dilatation du mercure, les présomptions qui découlent des notions acquises relativement à l'influence de la chaleur sur le volume des corps?

L'hypothèse simple, que la dilatation d'une certaine quantité

de matière est en général proportionnelle à l'accroissement de la température, a été reconnue inexacte. Il est vrai que nous empruntons la mesure des températures à la dilatation elle-même, et que, par suite, toute tentative de contrôler l'hypothèse en question par l'étude d'un corps unique aboutirait forcément à un cercle vicieux; mais, dès qu'il est constaté que des matières différentes obéissent à des lois de dilatation différentes, de sorte que des thermomètres construits avec ces matières ne suivent pas une marche identique, il est clair que la loi supposée ne peut être vraie d'une manière générale. Elle ne peut alors s'appliquer qu'à l'un des corps considérés, ou à tous ceux, quel qu'en soit le nombre, dont la dilatation observe précisément une marche semblable. A mesure toutefois que ces derniers deviennent plus nombreux et qu'ils sont plus divers par la nature de leurs molécules, la probabilité augmente que, pour tous ces corps, la dilatation est indépendante des forces moléculaires et simplement proportionnelle à la température. Par ce motif, la dilatation des gaz permanents, sous une pression constante, ou l'accroissement de leur force élastique, sous un volume constant, doit être regardée comme la mesure la plus rationnelle pour les températures. L'hypothèse que la dilatation des gaz est proportionnelle à la température, que par conséquent une même augmentation de volume répond toujours à un accroissement déterminé de température, quel que soit le volume ou la température que le gaz possède déjà, cette hypothèse est d'ailleurs en harmonie parfaite avec tout ce qui nous est connu de la nature des gaz. Nous savons que les molécules d'un gaz permanent n'exercent l'une sur l'autre aucune adhésion appréciable. D'après la manière de voir actuelle des physiciens, la température n'est autre chose que l'énergie du mouvement des molécules, et l'augmentation de force élastique à volume constant ou l'augmentation de volume à pression constante est une conséquence si directe de l'échauffement, qu'elle doit être considérée moins comme l'effet que comme le signe visible de l'accroissement de température.

Il en est tout autrement des liquides et des solides. Leur

dilatation ne suit pas une marche parallèle à celle des gaz et est différente pour chaque espèce de matière. Elle augmente en général à mesure que la température s'élève. Cela aussi est tout à fait en harmonie avec ce que nous savons de la nature des liquides et des solides. Leurs molécules sont unies entre elles par des forces attractives, qui, pour le même corps, sont d'autant plus petites que la distance des molécules est plus grande. Ces forces s'opposant à l'éloignement réciproque des molécules, il est naturel de s'attendre à ce que la dilatation due à un même accroissement de température soit d'autant plus grande qu'une température plus élevée a déjà étendu le volume et par suite affaibli les forces moléculaires. La nature des actions moléculaires et l'influence qu'elles éprouvent de la part de la chaleur nous sont toutefois trop peu connues pour que, dans le calcul de dilatations observées, nous puissions assigner la formule déterminée suivant laquelle le coefficient de dilatation doit varier avec la température. Nous sommes autorisés seulement à supposer que ce coefficient doit devenir plus grand à mesure que la densité diminue. Si l'on est obligé néanmoins de faire un choix entre les différentes hypothèses possibles, alors la première qui mérite d'être prise en considération est celle qui exprime la relation la plus simple entre la cause et l'effet. Elle consiste à admettre que la dilatation pour un certain accroissement de température est, à chaque température, en raison inverse de la densité ou en raison directe du volume actuel d'une quantité déterminée.

Si une loi pareille régit effectivement la dilatation des corps non gazeux, il y a quelque apparence qu'elle se manifestera plus distinctement chez les liquides que chez les solides, et, parmi les liquides, de la manière la plus nette chez le mercure. Les liquides se distinguent des solides en ce que les forces attractives de leurs molécules dépendent uniquement de leur composition chimique, de la température et de la pression, tandis que chez les solides les opérations mécaniques auxquelles le corps a été soumis exercent une influence sur le degré de dureté et d'élas-

ticité. Les variations que les forces moléculaires subissent par suite des accroissements de température seront donc plus constantes chez les liquides que chez les solides. Enfin, il est permis de croire aussi que ces variations seront d'autant plus régulières chez les liquides, que ceux-ci se trouveront dans des conditions plus éloignées de celles où leurs actions moléculaires éprouvent des changements brusques. Or, parmi les corps liquides à la température ordinaire, le mercure est un de ceux qui montrent le plus grand intervalle entre la température de fusion et celle d'ébullition.

En vertu de ces diverses considérations il m'a paru qu'il y aurait de l'intérêt à examiner jusqu'à quel point les observations de M. Regnault peuvent s'accorder avec la supposition que l'augmentation de volume, pour un accroissement de température de t à $t + dt$, est proportionnelle au volume du mercure à t^0.

D'après cette hypothèse, en nommant V_t le volume à t^0 d'un poids déterminé, on a:

$$d\, V_t = \alpha\, V_t\, dt,$$

où α représente un facteur constant.

Si V_0 est le volume à $t = 0^\circ$, il suit de l'expression précédente:

$$V_t = V_0\, e^{\alpha t}.$$

Dans cette formule il n'entre qu'une seule inconnue α. Par là elle présente le grand avantage que chaque observation détermine complétement la loi de dilatation, de sorte que pour soumettre cette loi au contrôle de l'ensemble des observations il n'y a qu'à rechercher si celles-ci fournissent toutes la même valeur pour α.

Un essai préliminaire me montra immédiatement que cette loi pouvait très bien se concilier avec les expériences de M. Regnault. La simplification très considérable qu'elle apporte dans le calcul et l'importance théorique qu'offre sa vérification recommandaient donc suffisamment de soumettre l'ensemble des observations de M. Regnault à un nouveau calcul.

Avant de procéder à cette opération, nous devons rappeler brièvement de quelle manière M. Regnault déduisit de chacune de ses expériences la valeur de la dilatation, c'est-à-dire la longueur de l'ordonnée de sa construction graphique.

La fig. 1 représente le schéma de la disposition générale des expériences d'après la première méthode. La colonne mercurielle échauffée A B et la colonne mercurielle froide C D étaient reliées, à leur partie supérieure, au moyen du tube horizontal E G. A leur extrémité inférieure les tubes A B et C D se raccordaient avec les tubes horizontaux F I et K H, auxquels étaient adaptés des tubes en verre verticaux I L et K M. Dans ces derniers le mercure était tenu en équilibre par la pression de l'air d'un réservoir, qui communiquait avec les tubes en verre au moyen du tube F.

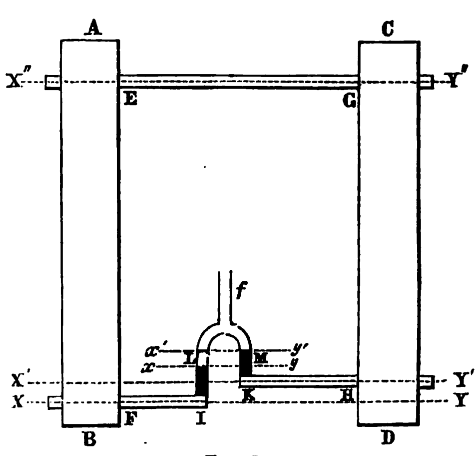


Fig. 1.

La fig. 2 montre la disposition de l'appareil dans la seconde méthode. Ici les extrémités supérieures des colonnes mercurielles sont en communication, par deux tubes horizontaux dont les axes se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre, avec les tubes de verre I′ L, K′ M, ouverts par en haut. Les tubes horizontaux, à l'extrémité inférieure des colonnes mercurielles, sont réunis par un tube mince, qui possède assez de flexibilité pour se prêter au déplacement de F I, auquel donne lieu la dilatation du tube en fer A B.

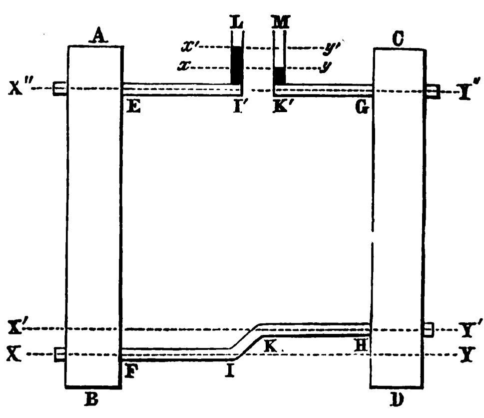


Fig. 2.

Soient X Y, X′ Y′ et X″ Y″ les traces de plans horizontaux passant par les axes des tubes F I, K H et E G, et $x\,y$, $x'\,y'$ les traces de plans horizontaux tangents aux ménisques du mercure.

Posons dans la figure 1:

la	distance	des	plans	X Y	et	X″ Y″	$= H_1$
„	„	„	„	X′ Y′	„	X″ Y″	$= H$
„	„	„	„	X Y	„	X′ Y′	$= h''$
„	„	„	„	$x\ y$	„	X′ Y′	$= h'$
„	„	„	„	$x'\ y'$	„	X′ Y′	$= h$
„	„	„	„	$x\ y$	„	$x'\ y'$	$= \Delta.$

Soit en outre

la température du mercure dans le tube A B $= T$
„ „ „ „ „ „ „ C D $= \theta$
et celle du mercure dans les tubes I L et K M $= t$.

Si l'on a $T > \theta$, H_1 est la longueur de la colonne mercurielle échauffée, H celle de la colonne mercurielle froide, $h' + h''$ la hauteur du ménisque dans le tube de verre I L au-dessus de X Y, et h la hauteur du ménisque dans le tube de verre K M au-dessus de X′ Y′.

Dans le calcul des observations d'après la première méthode, M. Regnault part de l'égalité des pressions que les deux ménisques exercent contre l'air comprimé. En nommant D_T, D_θ et D_t les densités du mercure à T°, θ° et t°, on aura:

$$H_1\,D_T - (h' + h'')\,D_t = H\,D_\theta - h\,D_t \;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (a)$$

Représentant en général par δ_t la dilatation du mercure entre 0° et t°, on a:

$$H_1\,\frac{D_0}{1+\delta_T} - (h' + h'')\,\frac{D_0}{1+\delta_t} = H\,\frac{D_0}{1+\delta_\theta} - h\,\frac{D_0}{1+\delta_t};$$

d'où l'on déduit:

$$\delta_T = \frac{H_1 - \dfrac{H}{1+\delta_\theta} + \dfrac{h}{1+\delta_\theta} - (h' + h'')\,\dfrac{1+\delta_T}{1+\delta_t}}{\dfrac{H}{1+\delta_\theta} - \dfrac{h}{1+\delta_t}} \;.\;.\; (b)$$

Pour calculer la dilatation δ_T il faut donc connaître les valeurs δ_θ, δ_t et δ_T. On employa à cet effet la méthode des

approximations successives; la dilatation du mercure donnée par les expériences de Dulong et Petit servit de première approximation. En calculant à l'aide de cette valeur une série d'expériences entre des limites de température éloignées, on obtint une série de valeurs δ_T, dont on déduisit une formule d'interpolation pour le calcul de δ_T à chaque température.

Ce mode de calcul n'est pas seulement long et pénible, mais il a en outre l'inconvénient de ne pas représenter exactement le résultat de chaque observation, parce qu'il introduit une valeur de δ_T empruntée à d'autres observations. Il est vrai que la colonne mercurielle $h' + h''$, qui doit subir la plus importante réduction de température, n'avait pas en général une grande hauteur, mais elle atteignait pourtant dans certains cas $\frac{1}{12}$ de toute la colonne échauffée.

Dans le calcul des observations faites d'après la seconde méthode on est parti de l'égalité des pressions exercées par les deux colonnes mercurielles sur le plan horizontal X Y. En nommant ici h la distance des plans $X'' Y''$ et $x' y'$, et h' celle des plans $X'' Y''$ et $x y$, on trouve:

$$H_1 D_T + h D_t = H D_\theta + (h' + h'') D_t$$

ou

$$H_1 D_T = H D_\theta - (h - h' - h'') D_t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (c)$$

d'où il suit:

$$1 + \delta_T = \frac{H_1}{\dfrac{H}{1 + \delta_\theta} - \dfrac{h - h' - h''}{1 + \delta_t}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (d)$$

Cette formule est non-seulement beaucoup plus commode pour le calcul que la précédente, mais elle représente aussi beaucoup plus exactement le résultat de chaque observation. La colonne $h' + h''$ n'a pas besoin d'être ramenée à la température T; elle est réduite, en même temps que la colonne H, à 0°, c'est-à-dire à une température beaucoup plus rapprochée de celle que ces colonnes mercurielles possédaient effectivement. En écrivant l'équation (a) sous la forme (c), on aurait pu se procurer également pour les observations d'après la première méthode l'avantage d'un calcul plus facile et plus exact.

Mais le calcul d'après la formule (d) offre encore toujours

l'inconvénient d'exiger la connaissance de la dilatation du mercure entre 0° et $\theta°$, température de la colonne mercurielle froide. En effet, par suite de la longueur considérable de la colonne de mercure C D, M. Regnault dut renoncer à la maintenir, au moyen de glace fondante, à la température constante 0°. La colonne mercurielle fut refroidie par un courant d'eau froide, dont la température fut déterminée dans chaque expérience à l'aide de thermomètres à mercure. Les observations ne peuvent donc faire connaître autre chose que le rapport entre les densités du mercure à $\theta°$ et T°. Déduire de ce rapport la dilatation entre 0° et T°, c'est imposer en quelque sorte à toutes les observations une donnée qu'elles ne contiennent pas, et comme, pour toutes, on attribue une valeur égale à la dilatation entre 0° et $\theta°$, l'accord mutuel des différentes observations paraîtra plus grand qu'il ne l'est en réalité. Cette remarque a d'autant plus d'importance, que la réduction de $\theta°$ à 0° doit être appliquée à la totalité de la colonne de mercure C D. Dans les observations des trois premières séries la température θ s'éleva à environ 18° ou 19°, c'est-à-dire à $\frac{1}{16}$ de la plus grande et $\frac{1}{4}$ de la plus petite différence de température des deux colonnes mercurielles. Toutes les dilatations observées reçurent donc, par le fait même du calcul, une augmentation égale pour toutes et qui formait $\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{4}$ de la dilatation totale. L'influence de cette addition doit se faire sentir particulièrement dans le résultat des expériences à basse température, lesquelles déterminent principalement la valeur du coefficient x du premier terme de la formule de M. Regnault. La conséquence nécessaire est que lorsqu'on a introduit une fois une valeur inexacte pour la dilatation à basse température, il devient difficile d'en débarrasser le résultat final.

On peut éviter cette inexactitude en s'abstenant de demander aux expériences plus qu'elles ne peuvent donner réellement, savoir le rapport $\frac{1+\delta_T}{1+\delta_\theta}$. On tire de la formule (d):

$$\frac{1+\delta_T}{1+\delta_\theta} = \frac{H_1}{H - (h - h' - h'')\frac{1+\delta_\theta}{1+\delta_t}} = A \quad . \; . \; . \; . \quad (e)$$

Le dénominateur du second membre de cette équation renferme bien encore la valeur inconnue $\frac{1+\delta_\theta}{1+\delta_t}$, ce qui veut dire que la densité de la colonne mercurielle $h - h' - h''$ doit être réduite de la température t à θ; mais, vu la petitesse de la différence entre t et θ, qui dépasse rarement 8°, et de la quantité $h - h' - h''$, qui n'atteint jamais 71$^{mm.}$, cette réduction est insignifiante. Une approximation de δ_θ et δ_t à $\frac{1}{20}$ de leur valeur y suffit pleinement.

Si l'on adopte maintenant, pour exprimer la dilatation en fonction de la température, une formule à deux termes, on aura:

$$1 + \delta_T = 1 + x\,T + y\,T^2$$
$$1 + \delta_\theta = 1 + x\,\theta + y\,\theta^2,$$

et par conséquent

$$\frac{1 + x\,T + y\,T^2}{1 + x\,\theta + y\,\theta^2} = A,$$

d'où résulte

$$x\,(T - A\,\theta) + y\,(T^2 - A\,\theta^2) = A - 1.$$

Chaque expérience peut fournir une équation semblable.

Dans l'hypothèse que nous voulons soumettre au contrôle des expériences, on a

$$V_t = V_o\,e^{\alpha t}.$$

Il faut donc remplacer $1 + \delta_T$ et $1 + \delta_\theta$ par $e^{\alpha T}$ et $e^{\alpha\theta}$, ce qui donne

$$e^{\alpha(T-\theta)} = \frac{H_1}{H - (h - h' - h'')\,e^{\alpha(\theta - t)}} = A \;.\;.\;.\;.\; (f)$$

La valeur de α s'obtient alors par l'équation

$$\log \alpha = \log \log A - \log (T - \theta) - \log \log e.$$

Il nous reste à examiner s'il y a lieu de faire subir des corrections aux nombres fournis par l'observation, avant de les admettre dans le calcul.

M. Regnault fait remarquer qu'il existe quelque incertitude à l'égard de la véritable longueur des colonnes de mercure H et H_1. Voici ce qu'il dit à ce sujet: „Nous avons supposé jusqu'ici, que les tubes horizontaux qui relient les colonnes verticales entre elles et avec les tubes de verre, avaient des diamètres infiniment petits. Or, dans la réalité, ces diamètres s'élèvent à 2½ millimètres et

il convient de décider, si c'est bien à partir de l'axe du tube horizontal supérieur, qu'il convient de calculer les colonnes de mercure, comme nous l'avons fait jusqu'à présent. Il me semble dans les expériences exécutées par la première méthode, que l'origine des colonnes doit être placée dans l'arête inférieure du canal de communication, parce que les portions des deux colonnes mercurielles qui se trouvent dans les deux tubes verticaux au-dessus du plan horizontal passant par cette arête, se font équilibre d'elles-mêmes. C'est au moins ce qui me semble devoir exister, si le liquide est d'une mobilité parfaite." M. Regnault en conclut que les dilatations calculées doivent être augmentées de $\frac{1}{1200}$.

La même incertitude se présente toutefois à l'égard des tubes horizontaux inférieurs. M. Regnault ne néglige pas d'en faire la remarque, mais il ajoute que cette incertitude ne peut en aucun cas occasionner une erreur appréciable, parce qu'elle influe seulement sur les hauteurs h et h', qui n'entrent dans le calcul qu'en raison de la correction qu'elles doivent subir pour être réduites aux températures T et θ. Mais cette distinction repose sur un malentendu. Pour le tube horizontal supérieur, aussi bien que pour l'inférieur, la question revient à ceci: la petite colonne mercurielle entre l'axe du tube et l'arête inférieure, doit-elle être considérée comme une colonne à la température θ, qui fait d'elle-même équilibre avec une colonne égale et de la même température dans le tube froid, ou bien doit-elle être regardée comme appartenant encore à la colonne mercurielle chaude H_1, qui possède la température T? Un déplacement de l'origine des hauteurs doit donc avoir à la partie inférieure de l'appareil exactement la même influence qu'à la partie supérieure.

Il me semble qu'il ne peut pas y avoir de doute que les axes des tubes horizontaux ne doivent être pris pour limites des colonnes mercurielles H et H_1. Cela résulte des considérations suivantes. Soit B (fig. 3) une partie de la colonne mercurielle chaude, reliée par le tube C D avec l'espace F dans lequel se trouve du mercure d'une température plus basse. Dans ces conditions, le

mercure ne pourra être en équilibre dans le tube horizontal. Il se produira un courant, indiqué dans la figure par des lignes pointillées, lequel, à la partie supérieure du tube, sera dirigé de la colonne chaude vers la colonne froide, et à la partie inférieure, en sens inverse. Si les températures de B et F restent invariables à T et θ, ce courant aura une vitesse constante, et la vitesse de la partie A A′ du courant sera la même que celle de la partie $A_1{}'$ A_1. Si les deux courants éprouvent une résistance égale, l'égalité devra exister aussi entre les forces motrices qui leur donnent naissance. En désignant les pressions en A, A′, A_1 et $A_1{}'$ respectivement par P, P′, P_1 et $P_1{}'$, la force qui pousse le courant supérieur est P — P′, celle du courant inférieur $P_1{}' - P_1$. On aura donc:

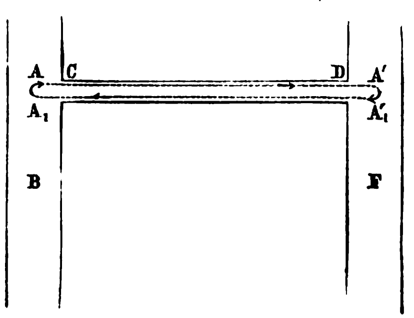


Fig. 3.

$$P - P' = P_1{}' - P_1$$

ou

$$P_1 - P' = \tfrac{1}{2}(P_1 - P) + \tfrac{1}{2}(P_1{}' - P').$$

Mais $P_1 - P$ et $P_1{}' - P'$ sont les poids des colonnes mercurielles A_1 A et $A_1{}'$ A′. La différence des pressions en A_1 et A′ est donc égale au poids d'une colonne de mercure, qui a pour hauteur la distance verticale des deux points et qui se compose, pour une moitié, de mercure à la température T, pour l'autre moitié, de mercure à la température θ. L'axe du tube doit par conséquent être considéré comme la limite de la colonne mercurielle échauffée.

Si, d'après ce qui précède, il convient de supprimer l'augmentation de $\frac{1}{1200}$ de leur valeur, que M. Regnault a apportée à toutes les dilatations observées, il est une autre correction, tendant à faire subir à ces dilatations une légère diminution, qui me paraît ne pouvoir être négligée.

Nous avons déjà fait la remarque que, dans l'appareil de M. Regnault, le tube où se trouvait le mercure à basse température n'était pas maintenu, par de la glace fondante, à la température fixe 0°, mais était refroidi par un courant d'eau froide, dont la température était déterminée chaque fois au moyen d'un thermomètre à mercure. La température de la colonne mercurielle chaude était au contraire accusée par un thermomètre à air, placé dans le bain d'huile qui enveloppait le tube en fer contenant le mercure.

Or, le but qu'on se propose est manifestement de déterminer la dilatation absolue du mercure à différentes températures, mesurées par la dilatation de l'air; en d'autres termes, de comparer la dilatation absolue du mercure avec celle de l'air. Mais, pour rester fidèle à ce principe, il est évidemment nécessaire d'évaluer la température, tant de la colonne mercurielle chaude que de la colonne froide, à l'aide du thermomètre à air. Si l'on emploie un thermomètre à mercure pour déterminer la température de la colonne mercurielle froide, cette température se trouve mesurée par la dilatation apparente du mercure, qui est loin d'avoir la même régularité que celle de l'air. Dans un mémoire subséquent, je ferai voir que la différence de la loi de dilatation apparente du mercure et de la loi de dilatation de l'air est assez importante pour se trahir par une différence appréciable dans les indications du thermomètre à air et du thermomètre à mercure entre 0° et 100°. Les observations de M. Regnault, consignées dans son mémoire *Sur la mesure des températures*, montrent que les thermomètres à réservoir en cristal, dont il s'est servi, marquent des températures plus basses que le thermomètre à air. La différence s'élève à 0°,12 pour $\theta = 18°$, température moyenne des deux premières séries; elle est de 0°,13 pour $\theta = 19°$, température propre à la troisième série, et de 0°,08 pour $\theta = 10°$ à 11°, températures observées dans la quatrième série.

Par la même raison, les températures mesurées avec le thermomètre à air doivent également être augmentées. En effet, pour fixer le zéro de ce thermomètre, M. Regnault plongea le réservoir

en verre, non dans la glace fondante, mais dans un bain d'huile, dont la température était accusée par un thermomètre à mercure. Cette température était de 21°,4 pour les observations de la première et de la seconde série, de 26°,1 pour celles de la troisième et de la quatrième série. A ces températures, le thermomètre à mercure reste de 0°,14 et de 0°,16 au-dessous du thermomètre à air. L'influence de cet écart sur les déterminations de température faites au moyen du thermomètre à air, peut être calculée comme suit.

La température T du thermomètre à air est déterminée, d'après M. Regnault (p. 296), par la formule suivante:

$$\left\{\frac{1+kT}{1+aT}+\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v'}{V}\right)_0\right\}(H_0+h_0)=\left\{1+\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v'}{V}\right)_0\right\}H'_0,$$

dans laquelle H'_0 représente la tension à 0° observée ou calculée, H_0+h_0 la tension à T°, k le coefficient de la dilatation cubique du verre, a le coefficient de dilatation de l'air sous volume constant, et $\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v'}{V}\right)_0$ le rapport de la capacité des tubes de communication à celle du réservoir du thermomètre à air, réduit à la température de 0°.

Comme il suffit de calculer la correction, que T doit subir, à $\frac{1}{10}$ de sa valeur près, nous pouvons négliger $\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v'}{V}\right)_0$, et supposer par conséquent que le thermomètre à air se composait uniquement du réservoir. Le même motif nous permet d'écrire:

$$\frac{1+aT}{1+kT}=1+(a-k)T.$$

Il vient alors:

$$\frac{H_0+h_0}{H'_0}=1+(a-k)T.$$

Appelant H_1+h_1 la tension de l'air observée à la température t, celle qui a servi à M. Regnault pour déterminer la constante des thermomètres à air, on a de même:

$$\frac{H_1 + h_1}{H'_0} = 1 + (a - k)\,t.$$

Par conséquent

$$\frac{H_0 + h_0}{H_1 + h_1} = \frac{1 + (a - k)\,T}{1 + (a - k)\,t},$$

d'où l'on tire

$$\delta T = \frac{1 + (a - k)\,T}{1 + (a - k)\,t}\,\delta t,$$

qu'on peut remplacer par

$$\delta T = \{1 + (a - k)(T - t)\,\delta t\}.$$

Au lieu de faire subir les corrections δT et $\delta \theta$ aux températures T et θ qu'on trouve consignées dans les tableaux des expériences de M. Regnault, j'ai cru préférable de calculer la dilatation du mercure avec les données telles que M. Regnault les communique. La valeur du coefficient de dilatation α du mercure, déduite de chaque expérience, a ensuite été corrigée de l'effet des erreurs δT et δt. On a pour cela l'équation:

$$e^{\alpha(T-t)} = A,$$

d'où l'on tire

$$\delta \alpha = -\frac{\alpha}{T - t}(\delta T - \delta t).$$

M. Regnault a déterminé chaque fois la dilatation du mercure, à une certaine température, au moyen de deux à six mesures pour lesquelles la température et les autres données différaient peu. Au lieu de calculer pour chacune de ces 135 mesures une valeur particulière, je me suis contenté de prendre pour chaque expérience, d'après les mesures qui la composent, la valeur moyenne de H, h, h', h'', T, θ et t, et d'en déduire la valeur de α. Entre les limites très étroites des températures extrêmes observées dans chaque expérience, il est permis de regarder les variations des dilatations comme proportionnelles aux températures. Je me suis d'ailleurs assuré que dans l'expérience qui comprend les températures les plus divergentes, le coefficient de dilatation ainsi calculé coïncide entièrement avec la moyenne des valeurs déduites de chaque mesure individuelle.

Les résultats du calcul et les données sur lesquelles ils reposent sont réunis dans le tableau I.

Dans la première colonne est indiquée la série à laquelle chaque expérience appartient; dans la seconde ces expériences sont distinguées par des numéros d'ordre successifs. Les huit colonnes suivantes contiennent les données des observations de M. Regnault. La onzième comprend la correction que doit subir la colonne mercurielle $h - h' - h''$ pour être réduite de la densité propre à la température t à celle qui correspond à la température θ. La douzième colonne fait connaître la valeur ainsi corrigée, la treizième la valeur de $H - (h - h' - h'') e^{\alpha(\theta - t)}$, c'est-à-dire le dénominateur du second membre de la formule (f). La quantité H_1, longueur de la colonne mercurielle chaude, n'est pas donnée isolément par M. Regnault. Si h'' était connu, on pourrait poser

$$H_1 = H + h'';$$

mais les valeurs de h'' ne figurent également dans les tableaux de M. Regnault qu'en combinaison avec h'. Pour trouver H_1, on doit donc poser, ainsi qu'il est facile de le voir d'après la figure,

$$H_1 = H - (h - h' - h'') + \Delta.$$

Cette valeur est inscrite dans la quatorzième colonne. La quinzième contient les valeurs de α calculées d'après celles de N et H. Les colonnes 16—20 se rapportent aux corrections que les valeurs α doivent subir en raison de la différence du thermomètre à air et du thermomètre à mercure. La colonne 21 donne les valeurs corrigées de α.

La onzième colonne met bien en évidence l'avantage du mode de calcul employé, d'après la formule (f). La correction à faire en raison de la réduction de la température t à θ est si faible, que non-seulement elle ne peut occasionner aucune incertitude, mais qu'en outre elle se laisse calculer sans la moindre peine.

La vingtième colonne montre que la correction résultant de la différence des thermomètres à air et à mercure n'est nullement négligeable. Cela est vrai surtout des observations de la quatrième série, dans laquelle la température de la colonne mercurielle

froide était plus basse que dans les autres séries, de sorte que δT, correction de la température du thermomètre à air, a une prépondérance plus forte sur $\delta\theta$, correction de l'indication du thermomètre à mercure dans la colonne mercurielle froide.

L'accord des valeurs de α dans la dernière colonne fait voir clairement que la formule

$$V_t = V_0 \, e^{\alpha t}$$

représente les observations avec une exactitude suffisante. C'est ce qui ressort particulièrement quand on compare entre eux les nombres obtenus pour α dans la même série. Si la formule $V_t = V_0 \, e^{\alpha t}$ n'était pas l'expression très approchée du résultat des expériences, on remarquerait dans les valeurs de α un accroissement ou un décroissement continu, ou bien un accroissement et un décroissement régulièrement périodiques. Or rien de tel ne se découvre dans aucune des quatre séries, de sorte que les erreurs inévitables de l'observation doivent être au moins aussi grandes que celles de la formule. Les observations à une température supérieure à 280° font seules exception; elles donnent toutes pour α un nombre notablement plus élevé que la moyenne des autres observations. Pour les températures au-dessus de 280°, la formule $V_t = V_0 \, e^{\alpha t}$ ne paraît donc pas pouvoir s'accorder avec les observations.

Il n'y aurait pas lieu d'être surpris qu'à des températures qui se rapprochent du point d'ébullition du mercure, la dilatation de ce liquide perdît sa régularité. Pourtant, il serait difficile de regarder dès à présent comme établi qu'on ait réellement affaire ici à un écart de la loi que nous avons adoptée. En effet, à des températures aussi élevées, le thermomètre à air devient lui-même incertain; une irrégularité dans la dilatation du verre, ou une petite inexactitude de la valeur attribuée au coefficient de la dilatation cubique du verre, peut déjà produire une différence appréciable dans la valeur de α.

En accordant au résultat de chaque expérience un poids proportionnel au nombre des mesures dont l'expérience se compose

et à la différence de température $T - \theta$, on obtient comme moyenne générale:

$$\alpha = 0{,}00018077.$$

Calculées de la même manière, chacune pour soi, les quatre séries donnent:

1e série $\alpha = 0{,}00018018$
2e „ $\alpha = 0{,}00018027$
3e „ $\alpha = 0{,}00018093$
4e „ $\alpha = 0{,}00018103$

Les résultats des séries 1 et 2, de même que ceux des séries 3 et 4, s'accordent beaucoup mieux que la moyenne de 1 et 2 avec la moyenne de 3 et 4. Comme la constante du thermomètre à air a été déterminée séparément pour chacune des deux paires de séries, il n'est pas improbable qu'une erreur dans l'une de ces déterminations est la cause de la différence.

L'accord des séries 3 et 4 est digne de remarque, parce que M. Regnault a attribué à la quatrième série, en raison des valeurs trop élevées qu'elle donnait pour α, une exactitude moindre. On serait plutôt tenté de regarder cette quatrième série, quant au degré d'exactitude, comme la mieux réussie, et nous verrons tout à l'heure qu'elle l'est effectivement.

J'ai pensé qu'il ne serait pas sans importance de rechercher jusqu'à quel point le résultat du calcul que nous venons de faire satisfait mieux aux observations que celui de M. Regnault.

A cet effet, j'ai dressé le tableau II, dans lequel on trouve le rapport des densités du mercure à T et à θ, calculé

1°. d'après les observations,

2°. d'après la formule de M. Regnault,

3°. d'après la formule $V_t = V_0\, e^{\alpha t}$.

1. Suivant la formule (e), le rapport des densités à T et à θ, tel qu'il découle des observations, est le quotient des nombres qui occupent les colonnes 13 et 14 du tableau I.

2. La formule que M. Regnault a déduite de ses observations donne pour le rapport $\frac{\delta_T}{\delta_\theta}$

$$\frac{1 + a\,T + b\,T^2}{1 + a\,\theta + b\,\theta^2}.$$

Dans cette expression il faut prendre pour a et b:

$$a = 0,00017900$$
$$b = 0,00000002444$$

Ce sont là en effet, comme nous l'avons vu, les valeurs des coefficients auxquelles conduisent les nombres que M. Regnault tira directement de sa construction graphique, c'est-à-dire n'ayant pas encore subi l'augmentation de $\frac{1}{1200}$. Si l'on voulait employer les coefficients que donne M. Regnault, il faudrait, pour comparer le résultat avec les observations, corriger les données des observations d'une quantité correspondant à une augmentation de $\frac{1}{1200}$ de la valeur de la dilatation.

3. Le rapport des densités à T et à θ d'après la formule nouvelle, est simplement $= e^{0,00018077(T-\theta)}$

Comme toutefois la valeur $\alpha = 0,00018077$ a été obtenue en tenant compte de l'influence d'une erreur de T et θ, il est nécessaire, pour la comparaison de l'expérience avec le calcul, que la différence de température $T-\theta$ ait subi la même correction. C'est ce qui a été fait dans la quatrième colonne du tableau II. Les cinquième, sixième et septième colonnes donnent le rapport $\frac{\delta_T}{\delta_\theta}$, d'après l'observation et d'après les deux formules. Les huitième et neuvième colonnes indiquent les écarts entre l'observation et le calcul. Enfin, dans les dixième et onzième colonnes, on a calculé l'erreur qu'il faudrait supposer dans la hauteur Δ pour expliquer la différence entre l'observation et le calcul, en admettant que le résultat de ce dernier soit rigoureusement exact.

Ces deux dernières colonnes font voir que la nouvelle formule satisfait bien mieux aux observations que celle de M. Regnault. En effet, la somme des erreurs positives dans la lecture des ménisques serait d'après la formule de M. Regnault $3^{mm},02$, celle des erreurs négatives $0^{mm},26$, tandis que ces sommes seraient d'après la nouvelle formule $1^{mm},05$ et $1^{mm},42$. Presque toutes les

expériences indiquent une dilatation notablement plus forte que celle qui résulte de la formule de M. Regnault.

La somme des carrés des erreurs est 0,4374 d'après la formule de M. Regnault, et 0,3176 d'après la nouvelle formule. Mais, dans cette dernière somme, les expériences n°. 19, 20 et 21, aux températures élevées de 287° à 299°, figurent pour 0,1668. En les excluant, la somme des carrés des erreurs ne serait que 0,1508, c'est-à-dire à peu près trois fois plus petite que la même somme d'après la formule de M. Regnault. L'accord presque parfait que ces mêmes expériences présentent avec cette dernière formule s'explique facilement, quand on considère que ce sont les expériences aux températures les plus élevées, et spécialement les n°s. 20 et 21, qui, à l'exclusion des autres, ont servi au calcul des coefficients de cette formule.

Entre la formule de M. Regnault et celle que nous avons déduite de ses expériences il existe donc cette différence que la la première satisfait aux dilatations observées aux températures très élevées (280° et au-dessus), tandis que la dernière exprime beaucoup plus rigoureusement la loi de la dilatation pour les températures comprises entre 24° et 283°. Comme ce sont surtout les dilatations entre ces dernières limites, principalement la dilatation depuis zéro jusqu'à 100°, qu'il importe de connaître dans les recherches de physique expérimentale, et que de plus les dilatations aux températures très élevées offrent peu d'intérêt, par suite de l'incertitude que présente à de si hauts degrés de l'échelle thermométrique la mesure de la température au moyen du thermomètre à air, je n'hésite pas à proposer comme l'expression la plus rigoureuse de la loi de la dilatation absolue du mercure, d'après les expériences de M. Regnault, la formule

$$V_t = V_0 \, e^{0{,}00018077 t}.$$

Ce sont surtout les expériences de la quatrième série qui satisfont avec une précision remarquable à cette loi. A l'exception des deux dernières, pas une seule des expériences de cette série ne fait supposer, dans la hauteur observée des ménisques du mercure, une erreur qui surpasse 6 centièmes d'un millimètre.

Or, il me semble que la disposition adoptée pour les expériences de cette série présente plus de garanties pour une lecture exacte de ces hauteurs que celle des trois premières séries. Dans les expériences des séries 1, 2 en 3 les colonnes de mercure dans les tubes de verre étaient maintenues en équilibre par la force élastique de l'air comprimé dans un réservoir. Celle-ci étant sujette à des variations continuelles, il devait en résulter un déplacement des ménisques, indépendant des changements de la densité du mercure, et qui ne pouvait être que préjudiciable à la détermination exacte de la position de ces ménisques à un instant donné.

Comme nous venons de le voir, c'est surtout aux températures peu élevées que les dilatations du mercure d'après la formule de M. Regnault sont trop faibles. Dans le tableau par lequel M. Regnault conclut son mémoire, on trouve pour la dilatation à 100°

$$\delta_{100} = 0,018153.$$

D'après le résultat auquel je suis parvenu, on a

$$\delta_{100} = 0,018241.$$

Le nombre qui était admis avant les recherches de M. Regnault, comme résultat des expériences de Dulong et Petit, est

$$\delta_{100} = 0,018018.$$

La différence entre les résultats de Dulong et Petit et ceux de M. Regnault doit donc être augmentée des $\frac{2}{3}$ de sa valeur. Dans la détermination de la dilatation des gaz, M. Regnault, ainsi que M. Magnus, a calculé la dilatation des réservoirs en verre qui les contenaient, en prenant la différence entre la dilatation absolue du mercure de 0° à 100° et la dilatation apparente du mercure observée dans les réservoirs employés. Pour la dilatation absolue du mercure entre 0° et 100° ces physiciens ont adopté la valeur trouvée par Dulong et Petit, savoir 0,018018, valeur trop petite de 0,000223, comme nous venons de le voir. La dilatation calculée du verre et, par suite, celle de l'air sont donc aussi trop faibles; la valeur 0,3665 assignée à la dilatation de l'air entre 0° et 100° doit être portée à 0,3667.

Dilatation absolue du mercure ca

Tableau I.

1 Série	2 N°.	3 T	4 t	5 θ	6 $T-\theta$	7 $\theta-t$	8 Δ	9 H	10 $h-h'-h''$	11 correcti $h-h'$
							mm	mm	mm	
I	1	75°,18	22°,06	17°,96	57°,22	— 4°,1	16,08	1557,26	12,80	— 0,
—	2	90,22	22,41	18,03	72,19	— 4,4	20,13	—	16,87	— 0
—	3	100,52	23,00	18,14	82,38	— 4,9	22,99	—	19,41	— 0,
—	4	132,14	22,57	18,01	114,13	— 4,6	31,85	—	27,99	— 0
II	5	68,31	19,27	17,60	50,71	— 1,6	14,25	—	9,77	[illegible]
—	6	85,98	20,45	17,65	68,33	— 2,8	19,11	—	14,57	— 0,
—	7	123,46	22,01	17,79	105,67	— 4,2	29,53	—	25,07	— 0,
—	8	147,18	23,49	17,95	129,23	— 5,5	36,02	—	31,50	— 0,
—	9	166,33	23,90	18,14	148,19	— 5,8	41,29	—	36,15	— 0,
—	10	198,79	24,62	18,28	180,51	— 6,3	50,11	—	45,11	— 0,
III	11	124,06	25,61	19,33	104,73	— 6,3	29,24	1557,62	26,26	— 0,
—	12	138,76	27,72	19,38	119,38	— 8,3	33,38	—	31,12	— 0,
—	13	140,12	27,90	19,54	120,58	— 8,4	33,71	—	30,89	— 0,
—	14	159,25	29,28	19,77	139,49	— 8,5	38,89	—	35,69	— 0,
—	15	169,16	27,06	19,20	149,96	— 7,9	41,78	—	39,55	— 0,
—	16	205,57	26,41	19,23	186,34	— 7,2	51,92	—	48,56	— 0,
—	17	223,22	22,78	18,59	204,63	— 4,2	56,76	1556,98	51,39	— 0,
—	18	257,87	23,91	18,71	239,16	— 5,2	66,28	—	59,88	— 0,
—	19	287,45	25,00	18,86	268,59	— 6,1	74,44	—	67,23	— 0,
—	20	299,19	23,88	18,88	280,31	— 5,0	77,65	—	70,62	— 0,
—	21	289,41	22,87	18,87	270,54	— 4,0	74,95	—	67,91	— 0,
IV	22	24,07	8,85	10,73	13,34	+ 1,9	3,83	1557,86	1,71	0,
—	23	64,19	10,20	10,60	53,59	+ 0,4	15,11	—	12,22	
—	24	77,42	10,44	10,63	66,79	+ 0,2	18,82	—	15,58	
—	25	80,19	10,44	10,82	69,37	+ 0,4	19,49	—	16,27	
—	26	121,46	12,33	10,55	110,91	— 1,7	31,07	—	27,65	— 0,
—	27	122,74	12,34	10,72	112,02	— 1,5	31,31	—	27,89	— 0,
—	28	128,60	11,27	10,83	117,77	— 0,4	32,97	—	29,70	— 0,
—	29	127,72	11,28	10,83	116,89	— 0,4	32,71	—	29,44	—
—	30	146,90	11,46	10,99	135,91	— 0,5	37,96	—	34,39	—
—	31	176,21	12,47	10,79	165,24	— 1,5	46,07	—	41,67	— 0,
—	32	179,64	12,91	11,10	168,54	— 1,8	46,94	—	42,59	— 0,
—	33	205,07	12,91	10,99	194,08	— 2,0	54,01	—	48,68	— 0,
—	34	241,63	13,49	11,25	230,38	— 2,2	63,05	—	58,38	— 0,
—	35	281,01	15,67	11,36	269,65	— 4,3	74,83	—	68,43	— 0,

… d'après les expériences d…

12	13	14	15
$(k-k'-k'')$ $e^{\alpha(\theta-t)}$	N	H_1	α
mm 12,79	mm 1544,47	mm 1560,54	0,0001
16,86	1540,40	1560,52	0,0001
19,40	1537,86	1560,84	0,0001
27,97	1529,29	1561,12	0,0001
9,77	1547,49	1561,74	0,0001
14,56	1542,70	1561,80	0,0001
25,05	1532,21	1561,72	0,0001
31,46	1525,81	1561,78	0,0001
36,11	1521,15	1562,40	0,0001
45,06	1512,20	1562,26	0,0001
26,23	1531,39	1560,60	0,0001
31,07	1526,55	1559,88	0,0001
30,84	1526,78	1560,44	0,0001
35,64	1521,98	1560,82	0,0001
39,49	1518,13	1559,85	0,0001
48,50	1509,12	1560,98	0,0001
51,35	1505,63	1562,35	0,0001
59,82	1497,16	1563,38	0,0001
67,16	1489,82	1564,19	0,0001
70,56	1486,42	1564,01	0,0001
67,86	1489,12	1564,02	0,0001
1,71	1556,15	1559,98	0,0001
12,22	1545,64	1560,74	0,0001
15,58	1542,28	1561,10	0,0001
16,27	1541,59	1561,08	0,0001
27,64	1530,22	1561,28	0,0001
27,88	1529,98	1561,28	0,0001
29,70	1528,16	1561,13	0,0001
29,44	1528,42	1561,13	0,0001
34,39	1523,47	1561,43	0,0001
41,66	1516,20	1562,26	0,0001
42,58	1515,28	1562,21	0,0001
48,66	1509,20	1563,19	0,000
58,36	1499,50	1563,43	0,0001
68,39	1489,47	1564,26	0,000

Tableau II.

1	2	3	4
N°.	T	θ	$T-\theta$ corrigée.
1	75°,18	17°,96	57°,2
2	90,22	18,03	72,2
3	100,52	18,14	82,4
4	132,14	18,01	114,2
5	68,31	17,60	50,7
6	85,98	17,65	68,3
7	123,46	17,79	105,7
8	147,18	17,95	129,3
9	166,33	18,14	148,2
10	198,79	18,28	180,6
11	124,06	19,33	104,81
12	138,76	19,38	119,4
13	140,12	19,54	120,67
14	159,25	19,77	139,6
15	169,16	19,20	150,07
16	205,57	19,23	186,47
17	223,22	18,59	204,77
18	257,87	18,71	239,3
19	287,45	18,86	268,7
20	299,19	18,88	280,5
21	289,41	18,87	270,72
22	24,07	10,73	13,42
23	64,19	10,60	53,68
24	77,42	10,63	66,90
25	80,19	10,82	69,48
26	121,46	10,55	111,04
27	122,74	10,72	112,15
28	128,60	10,83	117,91
29	127,72	10,83	117,03
30	146,90	10,99	136,06
31	176,21	10,97	165,40
32	179,64	11,10	168,60
33	205,07	10,99	194,26
34	241,63	11,25	230,58
35	280,01	11,36	269,86

SES

URE

RMOMÈTRE

ssi exac-
d'obtenir
ation des
dilatation
t [1]), j'ai
n absolue
érant no-
me résul-
aintenant
t l'a cal-
satisfaire

des dila-
lles sont

13

Tableau II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Rapport des densités d'après:			Différence entre l'observation et le calcul.		Valeur de la différence en millimètres.	
N°.	T	θ	$T-\theta$ corrigée.	l'observation.	la formule de M. Regnault.	la nouvelle formule.	formule de M. Regnault.	nouvelle formule.	formule Regnault.	nouvelle formule.
										mm
1	75°,18	17°,96	57°,27	1,010405	1,010338	1,010406	+ 0,000067	— 0,000001	+0,10	—0,00
2	90,22	18,03	72,25	1,013062	1,013071	1,013146	— 0,000009	— 0,000082	—0,01	—0,12
3	100,52	18,14	82,44	1,014942	1,014937	1,915014	+ 0,000005	— 0,000072	+0,01	—0,10
4	132,14	18,01	114,21	1,020814	1,020781	1,020861	+ 0,000033	— 0,000047	+0,05	—0,07
5	68,31	17,60	50,76	1,009208	1,009153	1,009220	+ 0,000055	— 0,000012	+0,08	—0,02
6	85,98	17,65	68,38	1,012381	1,012369	1,012438	+ 0,000012	— 0,000057	+0,02	—0,09
7	123,46	17,79	105,74	1,019260	1,019220	1,019299	+ 0,000040	— 0,000039	+0,06	—0,06
8	147,18	17,95	129,32	1,023575	1,023600	1,023655	— 0,000025	— 0,000075	—0,04	—0,11
9	166,33	18,14	148,29	1,027118	1,027039	1,027170	+ 0,000079	— 0,000052	+0,15	—0,08
10	198,79	18,28	180,62	1,033104	1,033160	1,033190	— 0,000054	— 0,000086	—0,08	—0,13
11	124,06	19,33	104,81	1,019074	1,019047	1,019127	+ 0,000027	— 0,000053	+0,04	—0,08
12	138,76	19,38	119,46	1,021834	1,021757	1,021830	+ 0,000077	+ 0,000004	+0,12	0,00
13	140,12	19,54	120,67	1,022046	1,021977	1,022053	+ 0,000069	— 0,000007	+0,10	—0,01
14	159,25	19,77	139,60	1,025520	1,025487	1,025558	+ 0,000033	— 0,000038	+0,05	—0,06
15	169,16	19,20	150,07	1,027481	1,027438	1,027499	+ 0,000043	— 0,000018	+0,06	—0,03
16	205,57	19,23	186,47	1,034362	1,034262	1,034283	+ 0,000100	+ 0,000079	+0,15	+0,12
17	223,22	18,59	204,77	1,037672	1,027714	1,037710	— 0,000042	— 0,000038	—0,06	—0,06
18	257,87	18,71	239,32	1,044230	1,044276	1,044210	— 0,000046	+ 0,000020	—0,06	+0,03
19	287,45	18,86	268,77	1,049919	1,049917	1,049785	+ 0,000002	+ 0,000134	0,00	+0,20
20	299,19	18,88	280,50	1,052199	1,052178	1,052013	+ 0,000021	+ 0,000186	+0,03	+0,28
21	289,41	18,87	270,72	1,050298	1,050295	1,050154	+ 0,000003	+ 0,000144	0,00	+0,22
22	24,07	10,73	13,42	1,002461	1,002395	1,002428	+ 0,000067	+ 0,000033	+0,10	+0,05
23	64,19	10,60	53,68	1,009769	1,009677	1,009751	+ 0,000092	+ 0,000018	+0,14	+0,03
24	77,42	10,63	66,90	1,012203	1,012075	1,012167	+ 0,000128	+ 0,000036	+0,19	+0,05
25	80,19	10,82	69,48	1,012642	1,012546	1,012639	+ 0,000096	+ 0,000003	+0,15	0,00
26	121,46	10,55	111,04	1,020298	1,020174	1,020275	+ 0,000124	+ 0,000023	+0,19	+0,03
27	122,74	10,72	112,15	1,020458	1,020383	1,020480	+ 0,000075	— 0,000022	+0,11	—0,03
28	128,60	10,83	117,91	1,021575	1,021439	1,021543	+ 0,000136	+ 0,000032	+0,20	+0,05
29	127,72	10,83	117,03	1,021401	1,021278	1,021382	+ 0,000123	+ 0,000029	+0,18	+0,04
30	146,90	10,99	136,06	1,024917	1,024801	1,024961	+ 0,000116	+ 0,000016	+0,17	+0,02
31	176,21	10,97	165,40	1,030379	1,030274	1,030350	+ 0,000105	+ 0,000029	+0,16	+0,04
32	179,64	11,10	168,60	1,030971	1,030894	1,030950	+ 0,000077	+ 0,000021	+0,12	+0,03
33	205,07	10,99	194,26	1,035774	1,035695	1,035740	+ 0,000079	+ 0,000034	+0,12	+0,05
34	241,63	11,25	230,58	1,042634	1,042642	1,042565	— 0,000008	+ 0,000069	—0,01	+0,10
35	280,01	11,36	269,86	1,050213	1,050098	1,049992	+ 0,000115	+ 0,000221	+0,17	+0,13

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

SUR LA

DILATATION APPARENTE DU MERCURE

ET

LA MARCHE DU THERMOMÈTRE À MERCURE COMPARÉE À CELLE DU THERMOMÈTRE À AIR, D'APRÈS LES EXPÉRIENCES DE M. REGNAULT;

PAR

J. BOSSCHA Jr.

Le but essentiel qu'on se propose en déterminant aussi exactement que possible la dilatation absolue du mercure, est d'obtenir une donnée dont on a besoin pour le calcul de la dilatation des réservoirs en verre qui servent dans la mesure de la dilatation des liquides et des gaz. Or, dans un Mémoire précédent [1]), j'ai déduit des observations de M. Regnault, pour la dilatation absolue du mercure entre 0° et 100°, une valeur numérique différant notablement de celle que ce savant lui-même admet comme résultat de ses recherches. Nous avons donc à examiner maintenant comment la dilatation du verre, telle que M. Regnault l'a calculée d'après ses expériences, doit être modifiée pour satisfaire aux observations.

Comme M. Regnault a conclu la dilatation du verre des dilatations apparente et absolue du mercure, telles qu'elles sont

---

[1]) *Archives Néerlandaises*, T. IV, p. 167.

données par l'expérience, l'examen en question pourrait être compris en peu de lignes, s'il ne se présentait une circonstance qui fait naître quelque doute, soit au sujet de l'exactitude des expériences sur la dilatation apparente du mercure, soit au sujet de la manière dont la valeur de cette donnée a été déduite des observations.

Nous allons démontrer, en effet, que les valeurs numériques, présentées par M. Regnault comme le résultat de ses recherches sur la mesure des températures et la dilatation du verre, n'offrent avec les données directes de ses expériences aucun accord satisfaisant.

En représentant par Δ_t la dilatation absolue du mercure entre 0^0 et t^0, par Δ'_t la dilatation apparente du mercure et par δ_t la dilatation cubique du verre entre les mêmes limites de température, on a:

$$1 + \Delta_t = (1 + \Delta'_t)\ (1 + \delta_t) \ldots\ldots\ (a)$$

M. Regnault, comme nous l'avons vu dans mon Mémoire précédent, a adopté pour la dilatation du mercure la formule:

$$\Delta_t = 0{,}00017900\,t + 0{,}00000002523\,t^2 \ldots (b)$$

Dans le Mémoire „De la mesure des températures" [1]), on trouve décrites un grand nombre d'expériences ayant pour but de comparer la marche de thermomètres à mercure, construits avec différentes espèces de verre, à celle du thermomètre à air. Ces expériences peuvent faire connaître la dilatation apparente du mercure Δ'_t à différentes températures mesurées par le thermomètre à air. La loi suivant laquelle la dilatation apparente du mercure varie avec la température n'est toutefois pas donnée dans le Mémoire de M. Regnault. On y voit seulement quelles sont les différences que des thermomètres à mercure, formés de diverses sortes de verre, montrent avec le thermomètre à air en différents points de l'échelle centésimale. Le Mémoire contient en

[1]) *Mémoires de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France*, T. XXI, p. 163.



outre un tableau, dans lequel sont indiquées de 10 en 10 degrés, entre 0° et 350°, les dilatations du cristal et du verre ordinaire, les deux variétés dont M. Regnault s'est surtout occupé. Dans le calcul de ce tableau, il a été fait usage des résultats fournis par les expériences sur la dilatation absolue du mercure. Mais on n'apprend pas de quelle manière M. Regnault a obtenu la formule pour la dilatation apparente du mercure, qu'il a cependant dû connaitre tout aussi bien que la loi de la dilatation absolue. Cette formule peut toutefois être retrouvée à l'aide de la relation (*a*). En substituant dans cette formule la valeur de Δ_t qui est donnée par la formule (*b*), et la valeur de δ_t qui est connue par le tableau de la dilatation cubique du cristal et du verre et qu'on peut aisément exprimer par une formule, on obtient pour la dilatation apparente du mercure dans le cristal de Choisy-le-Roy :

$$\Delta'_t = 0{,}00015640\,t + 0{,}00000001926\,t^2 \quad . \; . \; (c)$$

et pour la dilatation apparente dans le verre :

$$\Delta'_t = 0{,}00015287\,t + 0{,}00000000849\,t^2 \quad . \; . \; (d)$$

Ces formules n'offrent pas seulement de l'intérêt pour la détermination de la dilatation absolue du verre, mais aussi pour la connaissance de la marche du thermomètre à mercure. Elles permettent en effet de calculer, pour chaque point de l'échelle thermométrique, la différence du thermomètre à mercure et du thermomètre à air.

Soit, en général, la formule pour la dilatation apparente du mercure dans le verre :

$$\Delta'_t = at + bt^2 + ct^3.$$

La température T, que marque le thermomètre à mercure à la température t du thermomètre à air, est alors :

$$T = \frac{\Delta'_t}{\Delta'_{100}}\,100 = \frac{at + bt^2 + ct^3}{a.100 + b.100^2 + c.100^3}\,100,$$

d'où l'on tire :

$$T - t = t(t - 100)\frac{\frac{b}{a} + \frac{c}{a}\ (t + 100)}{1 + \frac{b}{a}100 + \frac{c}{a}\ 100^2} \ldots\ldots (e)$$

Comme M. Regnault ne fait pas entrer de troisième terme dans la formule pour la dilatation absolue du mercure ni dans celle pour la dilatation du verre, on ne doit pas non plus admettre de pareil terme dans les formules (c) et (d), de sorte qu'on peut poser simplement:

$$T - t = \frac{t\ (t - 100)\ \frac{b}{a}}{1 + \frac{b}{a}\ 100} \ldots\ldots\ldots\ldots (f)$$

Or, dans les formules (c) et (d) les coefficients a et b sont tous les deux positifs. Il en résulte que pour les températures comprises entre 0° et 100° les différences $T - t$ sont négatives, et que par conséquent, entre ces deux limites de température, les thermomètres à mercure, aussi bien ceux de verre que ceux de cristal, sont en retard sur le thermomètre à air, tandis qu'ils marquent au contraire plus haut pour toutes les températures supérieures à 100°. Entre 0° et 100° la plus grande différence correspond à 50°; elle s'élève alors:

pour le thermomètre à réservoir de cristal, à 0°,31,

pour le thermomètre à réservoir de verre, à 0°,14.

Ces différences sont certainement assez importantes pour mériter qu'on les considère de plus près.

Dans les Mémoires de M. Regnault il est fait mention, ça et là, de l'écart que le thermomètre à mercure et le thermomètre à air accusent entre 0° et 100°. C'est ainsi que M. Regnault dit, page 238: „Il est probable qu'il existe une différence sensible entre 0° et 100° dans la marche de ces divers instruments. Les expériences du tableau annexé à la page 226 le montrent d'une manière évidente, mais les différences sont si petites, qu'il est difficile de les déterminer avec quelque précision." Si l'on con-

sulte le tableau auquel il est renvoyé dans ce passage, on trouve en effet qu'une différence a été notée entre les deux thermomètres en question, différence en général d'autant plus grande que la température observée se rapprochait davantage de 50°. La plus grande différence qui fut constatée a une valeur de 0°,30. Mais le tableau montre en même temps que le thermomètre à mercure marquait toujours *plus haut* que le thermomètre à air, tandis que, d'après les formules qui viennent d'être développées, la différence $T - t$ est négative, de sorte que le thermomètre à mercure devrait marquer *plus bas*.

Dans le Mémoire sur les forces élastiques de la vapeur d'eau, on trouve, page 616, l'observation suivante: „Il est probable, d'après la forme que nous avons reconnue à la courbe qui représente la comparaison de ces deux espèces d'instruments, que les températures données par les thermomètres à mercure, avec enveloppe de cristal, sont un peu plus faibles, entre 0° et 100°, que celles qui sont marquées dans les mêmes circonstances par le thermomètre à air. Les forces élastiques, que nous avons trouvées directement dans nos expériences, sont donc probablement un peu trop fortes, lorsqu'on les rapporte au thermomètre à air. Les différences sont d'ailleurs trop petites, pour que l'on puisse espérer pouvoir les fixer avec certitude dans des observations directes."

M. Regnault s'attendait donc réellement à ce que le thermomètre à mercure, entre 0° et 100°, marquât plus bas que le thermomètre à air. La circonstance que les observations auxquelles il se réfère indiquent précisément le contraire, est peut-être la cause qu'il a regardé comme au-dessus de la portée de l'observation de fixer la différence de marche des deux thermomètres entre 0° et 100°.

Le peu d'accord qui existe entre les observations et les formules pour la dilatation apparente du mercure qui ont servi à M. Regnault dans le calcul de la dilatation du verre, devient encore plus frappant quand on étudie la marche des deux thermomètres au-dessus de 100°. Dans cette partie de l'échelle, d'après la formule (f), les indications du thermomètre à mercure doivent

toujours être supérieures à celles du thermomètre à air. Or, parmi les expériences de M. Regnault, il y en a un très grand nombre qui montrent avec évidence tout le contraire. Il est même arrivé une fois que l'observation du thermomètre à mercure a donné 0°,65 de moins que celle du thermomètre à air.

Il me semble que M. Regnault a une trop faible idée de l'exactitude de ses observations, lorsqu'il estime qu'elles sont impuissantes à faire découvrir, entre les deux thermomètres, une différence qui peut atteindre jusqu'à 0°,30. Pour la juste appréciation de la valeur qui doit être attachée aux déterminations de l'habile physicien, il me paraît même de la plus grande importance de rechercher la raison de cette différence de 0°,65 que nous venons de signaler entre l'observation directe et le résultat général qu'il déduisit de ses expériences.

Soupçonnant que cette différence pouvait provenir de l'insuffisance de la méthode suivie pour déduire les constantes de la formule des données expérimentales, je résolus, avant de calculer la dilatation du verre avec la valeur corrigée de la dilatation absolue du mercure, de soumettre les expériences sur la dilatation apparente du mercure à un nouveau calcul, qui embrasserait toutes les observations de M. Regnault. J'espérais obtenir ainsi un peu plus de certitude au sujet de la marche du thermomètre à mercure entre 0° et 100°, marche dont la connaissance exacte doit être regardée comme de la plus grande importance pour la mesure des températures et surtout pour les expériences calorimétriques.

Dans ce calcul j'ai procédé de la manière suivante.

Comme la dilatation du verre n'est qu'environ $\frac{1}{8}$ de celle du mercure, on pourra obtenir une première approximation de la dilatation apparente du mercure, en supposant que la courbe qui représente cette dilatation apparente à diverses températures, est semblable à celle qui figure la dilatation absolue. J'ai donc admis provisoirement que la dilatation apparente était exprimée, comme la dilatation absolue [1]), par la formule

$$V_t = V_o e^{\alpha' t},$$

[1]) Voy. le Mémoire: *Sur la dilatation absolue du mercure d'après les expériences de* M. Regnault. *Archives Néerlandaises*, Tome IV, p, 167.



dans laquelle α' désigne le coefficient de la dilatation apparente pour un échauffement de t à $t + dt$.

On pouvait donc calculer la valeur de α' à l'aide des données de chaque expérience. Si l'on trouvait que α' ne variait pas sensiblement avec la température, la loi supposée pouvait être regardée comme exacte. Si au contraire, comme il arriva effectivement dans toutes les séries d'observations, on obtenait pour α' une valeur régulièrement croissante ou décroissante avec la température, il y avait à essayer s'il était possible de satisfaire aux diverses valeurs trouvées pour α', en posant :

$$\alpha' = a + bt.$$

A cet effet, la différence des valeurs de α' à 100° et à une température supérieure t fut divisée par $t - 100$. Les valeurs ainsi trouvées pour b montrant un accroissement ou un décroissement réguliers avec la température, on était conduit à avoir recours à la formule

$$\alpha' = a + bt + et^2$$

et à chercher pour a, b et c les valeurs qui s'accordaient le mieux avec l'observation.

Dans le Mémoire précédent, j'ai fait remarquer que la loi de la dilatation absolue du mercure, aux diverses températures du thermomètre à air comprises entre 0° et 280°, ne pouvait être conciliée avec les dilatations aux températures supérieures, et qu'il restait indécis si cette discordance devait être attribuée à un accroissement rapide de la dilatation du mercure, ou à l'incertitude de la détermination des températures par le thermomètre à air en des points si élevés de l'échelle. Il était à présumer qu'un fait analogue se produirait par rapport à la dilatation apparente du mercure, comparée avec celle de l'air dans le réservoir du thermomètre à air. En conséquence, j'ai exclu du calcul les observations se rapportant à des températures supérieures à 280°. Dans les tableaux des résultats du calcul, qu'on trouvera plus loin, j'ai pourtant fait figurer ces observations à côté des autres, afin de montrer jusqu'à quel point elles satisfont aux formules obtenues.

Dans le Mémoire de M. Regnault, le thermomètre à air se trouve comparé avec quatre thermomètres à enveloppe de cristal,

avec cinq thermomètres de verre ordinaire, avec un thermomètre d'un verre vert employé pour des appareils de chimie, et avec un thermomètre d'un verre de Suède qui se distingue par son infusibilité. L'auteur a eu soin de faire connaître la densité et la composition chimique de tous ces verres. Pour chacun de ces instruments il a été calculé une formule particulière. Le thermomètre en cristal n° 1 et celui en verre n° 5 ont été soumis à une comparaison répétée avec le thermomètre à air, le premier dans quatre, le second dans trois séries différentes d'observations. Pour qu'on puisse mieux saisir la manière dont α' varie avec la température, les expériences exécutées avec ces thermomètres ont été rangées dans les tableaux ci-après selon l'ordre des températures croissantes.

La première colonne de ces tableaux fait connaître le numéro et la nature du thermomètre; la seconde contient le numéro de l'expérience et celui de la série; la troisième, la température du thermomètre à air: la quatrième, la dilatation observée, déduite par M. Regnault du poids du mercure écoulé et de celui du mercure qui remplissait le thermomètre à 0°. Deux de ces derniers nombres diffèrent de ceux qu'on trouve dans les tableaux de M. Regnault, savoir celui de l'expérience n°. 5 dans la première série du thermomètre n°. 1 et celui de l'expérience n°. 1 du thermomètre n°. 2; cette différence provient de ce que ces nombres sont donnés d'une manière inexacte dans le travail de M. Regnault, par suite de fautes d'impression.

La cinquième colonne renferme les valeurs de α' déduites de chaque expérience. Dans la sixième on trouve les valeurs de cet élément calculées d'après la formule, à deux ou à trois termes, qui satisfait le mieux aux observations. La septième, enfin, donne la différence entre le résultat de chaque observation et la formule, différence traduite en degrés du thermomètre à air; une valeur positive indique que la dilatation observée est plus petite que la dilatation calculée.

Tableau I.

DILATATION APPARENTE DU MERCURE DANS LES THERMOMÈTRES A POIDS DE M. REGNAULT.

Thermomètres en cristal de Choisy-le-Roy.

Nature et numéro du thermom.	Série et numéro de l'expérience.	Température du thermom. à air.	Dilatation apparente du mercure.	Valeur de α′ calculée d'après l'expérience.	Valeur de α′ calculée d'après la formule.	Différence en degrés du thermomètre à air.
N°. 1 Tube en cristal, étiré. Capacité 327 gr. mercure.	Série I n° 1	99°,39	0,015876	0,00015849	0,00015844	— 0,03
	II 1	99,78	0,015927	15847	15844	— 0,02
	III 1	99,76	0,015933	15846	15844	— 0,01
	IV 1	99,92	0,015957	15844	15844	0,00
	III 2	111,92	0,017850	15809	15845	+ 0,29
	I 2	124,97	0,020031	15871	15846	— 0,20
	II 2	141,77	0,022634	15788	15847	+ 0,63
	I 3	142,21	0,022799	15852	15847	— 0,05
	III 3	148,94	0,023844	15822	15848	+ 0,24
	I 4	180,09	0,028961	15853	15850	— 0,04
	IV 2	185,11	0,029172	15817	15851	+ 0,42
	II 3	185,64	0,029809	15824	15851	+ 0,31
	II 4	209,48	0,033717	15831	15853	+ 0,30
	IV 3	210,69	0,033890	15820	15853	+ 0,30
	I 5	225,48	0,036407	15850	15854	+ 0,06
	II 5	228,88	0,036918	15839	15854	+ 0,17
	IV 4	241,37	0,038975	15841	15855	+ 0,21
	IV 5	267,35	0,043339	15869	15857	— 0,20
	II 6	277,41	0,044994	15866	15858	— 0,14
	I 6	289,19	0,047062	15904	15859	— 0,85*
	IV 6	298,78	0,048604	15885	15860	— 0,47*
	IV 7	322,80	0,052745	15887	15862	— 0,52*
	II 7	325,30	0,053276	0,00015956	0,00015862	— 1,97*
N°. 2 Boule en cristal, soufflée. Capacité 461 gr. mercure.	1	99,70	0,015626	0,00015554	0,00015554	0,00
	2	178,07	0,028116	15572	15562	— 0,11
	3	226,83	0,035926	15561	15566	+ 0,07
	4	239,17	0,037952	15577	15567	— 0,14
	5	281,07	0,044741	15572	15572	0,00*
	6	339,68	0,054692	0,00015672	0,00015578	— 2,07*
N°. 3 Cylindre irrégulier en cristal, soufflé, chauffé à différentes reprises. Capacité 201 gr. mercure.	1	100,15	0,015809	0,00015662	0,00015661	0,00
	2	170,61	0,027119	15684	15684	0,00
	3	218,40	0,034878	15698	15698	0,00
	4	289,79	0,046669	15740	15724	— 0,30*
	5	334,50	0,054252	0,00015794	0,00015738	— 1,17*
N°. 4 Ballon en cristal à parois épaisses (3 à 4 mm.). Capacité 1230 gr. mercure.	1	99,84	0,015819	0,00015721	0,00015721	0,00
	2	145,92	0,023199	15717	15716	— 0,01
	3	169,67	0,027019	15713	15714	+ 0,01
	4	196,41	0,031352	15718	15711	— 0,09
	5	235,62	0,037700	15706	15708	+ 0,03
	6	285,29	0,045307	15697	15703	+ 0,11*
	7	331,56	0,053413	0,00015694	0,00015698	+ 0,08*

Tableau II.

DILATATION APPARENTE DU MERCURE DANS LES THERMOMÈTRES A POIDS DE M. REGNAULT.

Thermomètres en verre ordinaire.

Nature et numéro du thermom.	Série et numéro de l'expérience.	Température du thermom. à air.	Dilatation apparente du mercure.	Valeur de α' calculée d'après l'expérience.	Valeur de α' calculée d'après la formule	Différence en degrés du thermomètre à air.
N°. 5	Série I n° 1	99°,78	0,015365	0,00015282	0,00015280	— 0°,01
Tube en verre, de	II 1	99 ,78	0,015362	15279	15280	+ 0 ,01
12 à 14 mm. de section et de ¾	III 1	99 ,92	0,015392	15286	15279	— 0 ,04
mm. d'épaisseur de	II 2	111 ,92	0,171940	15232	15259	+ 0 ,19
paroi. Capacité 243	I 2	141 ,75	0,021805	15215	15215	0 ,00
gr. mercure.	II 3	148 ,94	0,022901	15203	15206	+ 0 ,03
	III 2	185 ,11	0,028444	15152	15166	+ 0 ,17
	I 3	185 ,66	0,028536	15154	15168	+ 0 ,12
	I 4	209 ,45	0,032223	15142	15141	— 0 ,01
	III 3	210 ,69	0,032411	15140	15140	0 ,00
	I 5	228 ,87	0,035237	15131	15127	— 0 ,06
	III 4	24! ,37	0,037172	15121	15119	— 0 ,03
	III 5	267 ,35	0,041248	15109	15108	— 0 ,02
	I 6	277 ,42	0,042788	15102	15105	+ 0 ,05
	III 6	298 ,78	0,046190	15114	15099	— 0 ,28*
	III 7	322 ,80	0,050001	15115	15099	— 0 ,32*
	I 7	325 ,40	0,050479	0,00015134	0,00015100	— 0 ,71*
N°. 6	1	99 ,78	0,015392	0,00015309	0,00015305	0 ,00
Semblable à n° 5,	2	111 ,49	0,017153	15256	15282	+ 0 ,18
mais à parois environ	3	173 ,84	0,026784	15191	15187	— 0 ,00
deux fois	4	234 ,71	0,046159	15137	15135	+ 0 ,01
plus épaisses. Capacité	5	252 ,19	0,038897	15131	15128	— 0 ,05
219 gr. mercure.	6	291 ,88	0,045136	15125	15124	— 0 ,02*
	7	307 ,58	0,047641	15131	15127	— 0 ,08*
	8	325 ,56	0,050590	0,00015159	0,00015133	— 0 ,55*
N°. 7	1	99 ,77	0,015646	0,00015561	0,00015561	0 ,00
Ballon en verre.	2	130 ,86	0,020496	15504	15512	+ 0 ,06
Capacité 815 gr.	3	181 ,84	0,028499	15453	15451	— 0 ,02
mercure.	4	236 ,09	0,037068	15417	15415	— 0 ,03
	5	307 ,62	0,048646	0,00015441	0,00015413	— 0 ,54*
N°. 8	1	100 ,24	0,015529	0,00015373	0,00015373	0 ,00
Ballon en verre	2	145 ,92	0,022632	15348	15335	— 0 ,12
soufflé à un tube	3	169 ,67	0,026331	15318	15318	0 ,00
capillaire. Capacité	4	196 ,41	0,030486	15291	15294	+ 0 ,04
360 gr. mercure	5	235 ,62	0,036606	15258	15258	0 ,00
	6	282 ,29	0,043904	15221	15209	— 0 ,21*
	7	331 ,56	0,051647	0,00015188	0,00015154	— 0 ,71*
N°. 9	1	100 ,24	0,015390	0,00015236	0,00015236	0 ,00
Semblable à n° 8.	2	145 ,92	0,022430	15183	15185	+ 0 ,03
Capacité 287 gr.	3	169 ,67	0,026061	15163	15163	0 ,00
mercure	4	196 ,41	0,030181	15140	15136	0 ,05
	5	235 ,62	0,036215	15098	15098	0 ,00
	6	282 ,29	0,043423	15058	15053	— 0 ,09*
	7	331 ,56	0,051070	15027	0,00015007	— 0 ,42*

Tableau III.

DILATATION APPARENTE DU MERCURE DANS LES THERMOMÈTRES A POIDS DE M. REGNAULT.

Thermomètres en verre vert et en verre de Suède.

Nature et numéro du thermom.	Série et numéro de l'expérience.	Température du thermom. à air.	Dilatation apparente du mercure.	Valeur de α' calculée d'après l'expérience.	Valeur de α' calculée d'après la formule	Différence en degrés du thermomètre à air.
N°. 10 Tube en verre vert. Capacité 291 gr. mercure.	n° 1	99°,47	0,015705	0,00015666	0,00015754	+ 0°,58
	2	124,97	0,019839	15719	15719	0,00
	3	142,21	0,022573	15697	15697	0,00
	4	180,09	0,028592	15654	15654	0,00
	5	225,48	0,035809	15614	15614	0,00
	6	289,19	0,046183	0,00015644	0,00015579	— 1,23*
N°. 11 Tube en verre de Suède. Capacité 221 gr. mercure.	1	99,78	0,015587	0,00015502	0,00015502	0,00
	2	111,49	0,017378	15452	15476	+ 0,17
	3	173,84	0,027185	15394	15394	0,00
	4	234,71	0,036828	15409	15409	0,00
	5	252,19	0,039624	0,00015413	0,00015426	+ 0,20*

En examinant les valeurs de α' relatives au thermomètre en cristal n°. 1 entre 99°,39 et 277°,41, on n'y aperçoit clairement aucun accroissement ou décroissement régulier. Si l'on calcule toutefois, d'après la méthode des moindres carrés, la valeur la plus probable des coefficients de la formule

$$\alpha' = a + bt,$$

on trouve encore pour b une faible valeur positive.

Un accroissement de α' avec la température se manifeste distinctement chez les thermomètres en cristal n°. 2 et n°. 3, un léger décroissement au contraire chez n°. 4.

Les thermomètres de verre ordinaire, qui sont compris dans le second tableau, se distinguent d'une manière très remarquable de ceux à enveloppe de cristal. Chez tous, la valeur de α' décroît très sensiblement à mesure que la température s'élève. Pour les thermomètres n°s. 5, 6 et 7, il est même visible que la diminution de α' se fait d'abord très rapidement puis se ralentit successivement aux températures supérieures. Cela prouve que la valeur du coefficient b de la formule $\alpha' = a + bt$ change avec la température.

Pour satisfaire aux observations, il faut donc admettre une formule à trois termes

$$\alpha' = a + bt + ct^2.$$

La même remarque s'applique au thermomètre en verre de Suède n°. 11 (Tableau III). Chez le thermomètre n°. 10, la marche régulière est altérée par un écart considérable de la dilatation à 99°,47, écart qui fait supposer une erreur dans l'observation.

Les formules pour α', qui ont été déduites de ces observations, sont les suivantes:

Thermomètres en cristal de Choisy-le-Roy.

Therm. n°. 1 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15836 + 0{,}08\,t)$

" " 2 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15544 + 0{,}10\,t)$

" " 3 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15628 + 0{,}33\,t)$

" " 4 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15731 - 0{,}10\,t)$

Thermomètres en verre ordinaire.

" " 5 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15489 - 2{,}50\,t + 0{,}0040\,t^2)$

" " 6 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15560 - 3{,}10\,t + 0{,}0055\,t^2)$

" " 7 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15786 - 2{,}75\,t + 0{,}0050\,t^2)$

" " 8 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15434 - 0{,}51\,t - 0{,}00101\,t^2)$

" " 9 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15346 - 1{,}15\,t + 0.000317\,t^2)$

Thermomètre en verre vert.

" " 10 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15936 - 2{,}12\,t + 0{,}0030\,t^2)$

Thermomètre en verre de Suède.

" " 11 . $\alpha' = 10^{-8}\,(15859 - 4{,}79\,t + 0{,}0122\,t^2)$

La différence entre les thermomètres de cristal et tous les autres s'accuse nettement dans ces formules. Chez les premiers, la valeur de α' ne varie que très lentement avec la température; pour tous, sauf pour le n°. 4, elle augmente un peu. Chez tous les autres thermomètres, le coefficient b a une valeur beaucoup plus considérable et est, sans exception, négatif. L'accord qui se manifeste dans la marche des thermométres n°. 5, 6, 7 et 10, est digne de remarque. Le thermomètre en verre de Suède n°. 11 se distingue par la valeur élevée des coefficients b et c.

Quel est maintenant le degré de confiance que méritent ces formules?

La dernière colonne des tableaux montre jusqu'à quel point les formules répondent aux observations. Si l'on fait abstraction des expériences à des températures plus hautes que 280° — expériences marquées d'un astérisque dans la dernière colonne — on ne trouve, en général, que des différences très petites et dans lesquelles ne se découvre aucune marche régulière. Les plus grands écarts appartiennent au thermomètre en cristal n°. 1. Je crois devoir en chercher la cause dans un changement que le zéro de cet instrument aura éprouvé pendant l'échauffement. Les thermomètres de verre ordinaire paraissent satisfaire beaucoup mieux, sous ce rapport, que ceux de cristal. L'exactitude extraordinaire avec laquelle les trois séries d'expériences du thermomètre n°. 5 s'adaptent à la même loi, montre que la marche de ce thermomètre était remarquablement constante.

Les observations à des températures supérieures à 280° offrent presque toutes des écarts notables avec la formule, et ces écarts tombent précisément dans le même sens que les déviations auxquelles est soumise la dilatation absolue du mercure. Les observations indiquent, en effet, une dilatation trop forte. C'est ce qui se voit surtout clairement chez les thermomètres en cristal n°. 1, 2 et 3. Pour ces thermomètres, la valeur du coefficient α' est à peu près constante, de sorte que leurs formules concordent presque avec la formule de la dilatation absolue du mercure; la dilatation de l'enveloppe n'a ici qu'une faible influence sur la marche de la dilatation apparente. On pouvait donc s'attendre d'avance à un accroissement rapide de la dilatation aux températures élevées. Parmi les thermomètres en cristal, n°. 4 est le seul qui se distingue par une marche différente. Cette exception, toutefois, n'est qu'apparente. Elle résulte de ce que les thermomètres n°. 4, n°. 8 et n°. 9 furent comparés par M. Regnault, non avec le thermomètre à air, mais avec le thermomètre n°. 1. Pour réduire les températures de ce dernier à celles du thermomètre à air, j'ai fait usage de la formule du thermomètre n°. 1; c'est là la raison pour laquelle les températures attribuées dans la troisième colonne de mon tableau aux trois thermomètres en question, diffèrent de celles qu'on trouve dans le Mémoire de M. Regnault. Or,

calculées d'après la formule du thermomètre n°. 1, les températures indiquées par cet instrument, au-dessus de 280°, sont devenues trop fortes, ce qui a masqué l'effet de la trop grande dilatation apparente dans les thermomètres n°. 4, 8 et 9. On doit remarquer que le thermomètre n°. 4, parmi ceux en cristal, et les thermomètres n°. 8 et 9, parmi ceux en verre, se distinguent par des valeurs divergentes des coefficients b et c. Il est très probable que la réduction de la température du thermomètre n°. 1 en degrés du thermomètre à air n'est pas encore entièrement exacte, ou bien que, dans les expériences qui figurent au second tableau, le thermomètre n°. 1 a eu une autre marche que dans celles qui sont inscrites au premier tableau. L'incertitude qui subsiste à cet égard ôte beaucoup de leur valeur aux formules relatives aux thermomètres n°. 4, 8 et 9; aussi nous occuperons-nous exclusivement, dans ce qui suit, des thermomètres qui ont été comparés directement avec le thermomètre à air.

Les thermomètres en verre, pour lesquels l'influence de la dilatation de l'enveloppe fait prendre à la courbe de dilatation une forme toute différente de celle de la courbe qui représente la dilatation absolue du mercure, donnent en général des écarts beaucoup plus faibles entre l'observation et le calcul, aux températures supérieures à 280°.

Si, d'après ce qui précède, l'accord entre les formules et l'observation peut être regardé comme satisfaisant, on pourrait encore craindre que quelque erreur constante n'eût été commise dans l'observation elle-même. Bien qu'il soit impossible d'obtenir à cet égard une certitude absolue, je ferai observer pourtant que la différence caractéristique qui existe, quant aux formules trouvées pour α', entre les thermomètres en cristal et tous les autres, peut difficilement être attribuée à une erreur constante. En effet, les mesures qui servent à déterminer la dilatation Δ_t sont les mêmes pour les deux espèces de thermomètres, et il n'y a aucune raison d'admettre qu'en pesant la quantité de mercure écoulée d'un thermomètre en cristal, on soit constamment exposé à d'autres erreurs qu'en opérant sur un thermomètre en verre. Pour autant qu'il est permis d'en juger par la description des expériences, la

seule erreur constante qui aurait pu être commise devrait résider dans la mesure des températures au moyen du thermomètre à air. Une erreur dans la détermination de la constante du thermomètre à air, soit lors des expériences avec les thermomètres en cristal, soit lors de celles avec les thermomètres en verre, pourrait expliquer une différence dans les formules trouvées pour α'. Mais cette circonstance n'a pu se présenter dans les expériences de M. Regnault; il suffit d'examiner les températures inscrites dans la troisième colonne, pour voir que les thermomètres n°. 1 et n°. 5 ont été comparés, dans le même bain d'huile, avec le même thermomètre à air; savoir, n°. 1 dans la Série II et n°. 5 dans la Série I, n°. 1 dans la Série III et n°. 5 dans la Série II, n°. 1 dans la Série IV et n°. 5 dans la Série III.

On peut donc regarder comme bien établie la différence caractéristique des coefficients α' dans les deux espèces de thermomètres. Il s'agit maintenant de rechercher quelles sont les conséquences qui se déduisent de ce fait.

Dans ce but, j'ai développé, pour chaque thermomètre, l'expression $e^{\alpha' t}$ en une série procédant selon les puissances ascendantes de t; on obtient ainsi la dilatation D_t en une formule à trois termes, vu que pour aucun des thermomètres les observations ne permettent de calculer avec quelque certitude le coefficient du quatrième terme.

Ces formules sont les suivantes:

Thermomètres en cristal de Choisy-le-Roy

Therm. n°. 1 . $D_t = 10^{-8} (15836\, t + 1{,}33\, t^2 + 0{,}00008\, t^3)$

" " 2 . $D_t = 10^{-8} (15544\, t + 1{,}31\, t^2 + 0{,}00007\, t^3)$

" " 3 . $D_t = 10^{-8} (15628\, t + 1{,}55\, t^2 + 0{,}00011\, t^3)$

Thermomètres en verre ordinaire.

" " 5 . $D_t = 10^{-8} (15489\, t - 1{,}30\, t^2 + 0{,}0037\, t^3)$

" " 6 . $D_t = 10^{-8} (15560\, t - 1{,}89\, t^2 + 0{,}0051\, t^3)$

" " 7 . $D_t = 10^{-8} (15786\, t - 1{,}51\, t^2 + 0{,}0046\, t^3)$

Thermomètre en verre vert.

" " 10 . $D_t = 10^{-8} (15936\, t - 0{,}86\, t^2 + 0{,}0037\, t^3)$

Thermomètre en verre de Suède.

Therm. n°. 11 . $D_t = 10^{-8}(15859\,t - 3{,}54\,t^2 + 0{,}0115\,t^3)$

En posant $D_t = at + bt^2 + ct^3$, nous avons trouvé pour la différence entre le thermomètre à mercure et le thermomètre à air la formule (e), page 196, savoir:

$$T - t = t(t - 100)\,\frac{\frac{b}{a} + \frac{c}{a}\,(t + 100)}{1 + \frac{b}{a}\,100 + \frac{c}{a}\,100^2}.$$

Cette formule montre que la différence $T - t$ devient nulle pour les deux points fixes $t = 0$ et $t = 100$, et pour une troisième température, déterminée par la condition

$$b = -c\,(t + 100)$$

ou

$$100 + t = -\frac{b}{c} \ldots\ldots\ldots\ldots (g)$$

D'après cela, si les coefficients b et c diffèrent de signe, il peut y avoir sur l'échelle thermométrique, au-dessus de 100°, un point où les deux instruments indiquent la même température. Cette différence de signe des deux coefficients se présente chez tous les thermomètres en verre n°. 5, 6, 7, 10 et 11. La température à laquelle le thermomètre à mercure et le thermomètre à air doivent marcher d'accord, selon la formule (g), est pour

Therm. n°. 5 . . . . 251°
„ „ 6 . . . . 278°
„ „ 7 . . . . 228°
„ „ 10 . . . . 132°
„ „ 11 . . . . 208°

Entre ces températures et 100°, les thermomètres à mercure doivent marquer plus bas que le thermomètre à air.

Comparons ce résultat avec les expériences de M. Regnault.

D'après les observations rapportées p. 216—224 du Mémoire de M. Regnault, tous les thermomètres n°. 5 — n°. 9, lorsqu'ils sont échauffés au-dessus de 100°, commencent par retarder sur

le thermomètre à air. A des températures plus élevées la différence diminue, et enfin, à un certain point de l'échelle, elle change de signe. Ce point est situé:

pour le thermomètre n°. 5,

d'après les observations de la première série, entre 229° et 277°,
„ „ „ „ „ troisième „ „ 241° „ 267°;

pour le thermomètre n°. 6, entre 234° et 292°;
vers 252° toutefois, on observa déjà une différence positive de 0°,03;

pour le thermomètre n°. 7, entre 182° et 236°.

Le thermomètre n°. 10 marque, d'après les observations, toujours plus haut que le thermomètre à air. La différence entre ce résultat et celui de notre formule doit être attribuée à l'erreur considérable dont est affectée la dilatation à 99°,47.

Le thermomètre n°. 11, d'après les observations de M. Regnault, marque d'abord plus bas que le thermomètre à air, mais il le dépasse dès la température de 174°.

On voit donc que la valeur du coefficient du troisième terme de nos formules peut encore être déterminée avec assez de certitude pour rendre compte du changement de signe que la différence $T - t$ éprouve, au-dessus de 100°, dans les thermomètres en verre; pour les thermomètres n°. 5, 6 et 7 il est même possible d'indiquer avec une certaine précision le point de l'échelle où ce changement s'effectue.

Il en est tout autrement des formules de M. Regnault. Dans la formule (*d*), que M. Regnault a adoptée pour la dilatation apparente du mercure dans le verre, le deuxième terme est positif et le troisième manque. Elle ne peut donc en aucune manière expliquer l'inversion de signe de la différence $T - t$, qu'on observe au-dessus de 100° dans les thermomètres en verre et qui est due à la différence de signe des coefficients du deuxième et du troisième terme.

Examinons maintenant jusqu'à quel point nos formules peuvent

déterminer la marche des thermomètres entre 0° et 100°. La comparaison avec les résultats directs de l'expérience est ici d'autant plus nécessaire, que ces formules reposent uniquement sur des observations faites à des températures supérieures à 100°.

Pour les températures comprises entre 0° et 100° on peut poser simplement:

$$T - t = \frac{b}{a} t \ (100 - t).$$

Il résulte de cette formule que les signes de *a* et *b* décident quel est celui des deux instruments dont l'indication est la plus élevée. Lorsque les signes de *a* et *b* sont égaux, le thermomètre à mercure marque plus bas que le thermomètre à air; lorsqu'ils sont différents, le thermomètre à mercure marque trop haut.

D'après nos formules, le premier cas doit avoir lieu pour les thermomètres à enveloppe de cristal, le second pour les thermomètres à enveloppe de verre. *Entre* 0° *et* 100° *les thermomètres en cristal marquent donc trop bas, les thermomètres en verre, trop haut.* La plus grande différence avec le thermomètre à air correspond à la température de 50°, elle est pour

Therm. n°. 1	T — t	= — 0°,21
„ „ 2	„	= — 0 ,21
„ „ 3	„	= — 0 ,25
„ „ 5	„	= + 0 ,21
„ „ 6	„	= + 0 ,30
„ „ 7	„	= + 0 ,24
„ „ 10	„	= + 0 ,14
„ „ 11	„	= + 0 ,56

Ces nombres font disparaître la contradiction entre les formules déduites des observations aux températures dépassant 100° et les résultats de la comparaison directe du thermomètre à mercure avec le thermomètre à air entre 0° et 100°. Dans ces dernières expériences, dont on trouve le tableau vis-à-vis de la page 226 du Mémoire de M. Regnault, ce physicien s'est servi en effet de thermo-

mètres en *verre ordinaire*. Ses observations conduisent, en moyenne, aux valeurs suivantes pour T — *t* à 50°:

1e Série	. . .	+ 0°,25
2e „	. . .	+ 0 ,25
3e „	. . .	+ 0 ,19

On voit qu'il y a un accord très satisfaisant entre le calcul fondé sur les expériences au-dessus de 100° et les observations directes entre 0° et 100°; les expériences de M. Regnault ont donc bien réellement une exactitude suffisante pour indiquer et déterminer la différence du thermomètre à mercure et du thermomètre à air entre 0° et 100°.

Quant au thermomètre à mercure en cristal, il n'a pas fait l'objet d'une comparaison directe avec le thermomètre à air pour des températures situées entre 0° et 100°. Dans le Mémoire de M. Regnault sur les forces élastiques de la vapeur d'eau, on trouve toutefois, pages 562 et suivantes, une série de déterminations de températures faites simultanément avec deux thermomètres à mercure en cristal et un thermomètre à air. Cette série comprend un grand nombre de températures entre 100° et 170°, pour lesquelles, d'après nos formules, les thermomètres en cristal doivent marquer plus haut que le thermomètre à air, tandis que le contraire a lieu avec les thermomètres en verre ordinaire. Or les expériences que nous venons de mentionner indiquent, en effet, que le thermomètre à air est constamment en retard sur le thermomètre à mercure. Comme aux températures dont il s'agit l'influence du coefficient du troisième terme est à peine sensible, on peut aussi inférer de ces observations, que les coefficients *a* et *b* sont tous les deux positifs pour la formule de la dilatation apparente du mercure dans le cristal de Choisy-le-Roy.

Je crois devoir appeler, avec une certaine insistance, l'attention des physiciens sur la différence de marche que peuvent offrir, d'après les considérations précédentes, des thermomètres à mercure formés d'espèces de verre différentes. A 50° quelques thermomètres marquent 0°,2 trop bas, d'autres (therm. n°. 6) 0°,3 trop haut. Il suit de là que *deux thermomètres qui ont été construits*

selon les règles ordinaires, dont les tiges sont exactement calibrées et sur lesquels les points fixes ont été marqués avec le plus grand soin, peuvent présenter, entre 0° et 100°, une divergence d'un demi-degré de l'échelle centigrade. L'incertitude qui en résulte n'est pas seulement très préjudiciable à la valeur des déterminations de température les plus soignées; dans beaucoup d'autres cas, et particulièrement dans les expèriences calorimétriques, elle est de nature à affaiblir la confiance dans l'exactitude des valeurs numériques fixées par les physiciens. Dans un thermomètre de cristal les divisions de l'échelle ont une valeur moindre entre 50° et 100° qu'entre 0° et 50°; dans un thermomètre de verre c'est le contraire qui a lieu. Cette différence peut avoir sur les mesures des chaleurs latentes et des chaleurs spécifiques une influence qu'il n'est pas permis de négliger. La vapeur qui se condense ou le corps qui se refroidit dans le calorimètre à eau parcourent les degrés de température dont la valeur, pour le thermomètre en cristal, est relativement la plus petite; l'eau du calorimètre éprouve au contraire une élévation de température qui est mesurée avec une unité trop grande. Un seul exemple suffira pour montrer que l'erreur à laquelle on est ainsi exposé n'est pas sans importance. Prenons à cet effet la détermination de la quantité de chaleur qu'un kilogramme de vapeur à 100° cède dans son passage à l'état d'eau à 0°. J'ai calculé la correction que devrait subir le nombre 636,8, trouvé par M. Regnault dans l'expérience n°. 7 de la page 695 de son Mémoire, si l'on voulait affranchir le résultat de l'écart du thermomètre à mercure entre 0° et 100°; ce calcul, effectué successivement dans l'hypothèse que le thermomètre du calorimètre eût été un des thermomètres n°. 1, n°. 2, n°. 3, n°. 5, n°. 6 ou n°. 7, m'a donné pour la valeur de la correction:

Therm. n°.	1	+ 3,43	calories
„ „	2	+ 3,36	„
„ „	3	+ 3,96	„
„ „	5	— 3,35	„
„ „	6	— 5,79	„
„ „	7	— 3,80	„

Ainsi, si aucune indication n'avait été donnée concernant la qualité du verre qui composait l'enveloppe du thermomètre, il resterait une incertitude d'environ 10 calories sur la quantité de chaleur cherchée. Comme M. Regnault a toujours fait usage dans ses recherches de thermomètres en cristal, la valeur qu'il a trouvée pour la chaleur latente de la vapeur d'eau à 100° doit probablement être augmentée d'environ 3 calories.

Pour toute détermination thermométrique ou calorimétrique exacte, il me paraît nécessaire d'examiner préalablement auquel des deux types, celui des thermomètres en cristal ou celui des thermomètres en verre, appartient l'instrument qu'on se propose d'employer, et de constater en outre, par une expérience, la valeur que peut prendre la différence $T - t$. Il suffirait pour cela de déterminer de combien le thermomètre à mercure diffère du thermomètre à air à la température de 50°. En nommant ε cette différence, la correction e pour une température t serait

$$e = \frac{t\,(100 - t)}{2500}\,\varepsilon.$$

Revenons maintenant au calcul de la dilatation cubique du verre.

Si, dans la formule (a)

$$1 + \Delta_t = (1 + \Delta'_t)\,(1 + \delta_t),$$

on substitue $e^{\alpha t}$ pour $1 + \Delta_t$ et $e^{\alpha' t}$ pour $1 + \Delta'_t$, on trouve:

$$1 + \delta_t = e^{(\alpha - \alpha')t} = e^{\beta t}.$$

A l'aide des valeurs obtenues pour α et α' par les recherches sur les dilatations absolue et apparente du mercure, on peut donc trouver, par simple soustraction, le coefficient β de la dilatation du verre. Si l'on développe alors $e^{\beta t}$ en série, on obtient pour $e^{\beta t} - 1 = \delta_t$ les valeurs suivantes:

Cristal de Choisy-le-Roy.

Therm. n°. 1 . . . . . $\delta_t = 10^{-8}\,(2231\,t - 0{,}05\,t^2)$

„ „ 2 . . . . . $\delta_t = 10^{-8}\,(2523\,t - 0{,}07\,t^2)$

„ „ 3 . . . . . $\delta_t = 10^{-8}\,(2439\,t - 0{,}30\,t^2)$

Verre ordinaire.

Therm. n°. 5 . $\delta_t = 10^{-8}\,(2578\,t + 1{,}33\,t^2 - 0{,}0037\,t^3)$

Therm. n°. 6 . $\delta_t = 10^{-8} (2507\,t + 1{,}92\,t^2 - 0{,}0051\,t^3)$

„ „ 7 . $\delta_t = 10^{-8} (2281\,t + 1{,}54\,t^2 - 0{,}0046\,t^3)$

Verre vert.

„ „ 10 . $\delta_t = 10^{-8} (2143\,t + 0{,}89\,t^2 - 0{,}0037\,t^3)$

Verre de Suède.

„ „ 11 . $\delta_t = 10^{-8} (2218\,t + 3{,}57\,t^2 - 0{,}0115\,t^3)$

Il ressort de ces formules, ce qu'il était d'ailleurs facile de prévoir, qu'il existe des différences très notables entre les dilatations de verres de nature différente, et même entre celles de réservoirs de même nature, mais qui ont été travaillés d'une autre manière. C'est ainsi qu'on trouve pour l'augmentation de l'unité de volume du verre ordinaire, entre 0° et 100°,

pour le thermomètre n°. 5 0,002674

„ „ „ „ 7 0,002389

En présence d'inégalités si considérables, il est clair qu'une formule générale pour la dilatation du verre ordinaire, ou une table faisant connaître la dilatation à diverses températures, n'a qu'une valeur très restreinte. Dès qu'il s'agit de recherches exactes, il faut toujours déterminer, pour chaque cas particulier, la dilatation du réservoir en verre dont on fait usage.

CONTRIBUTIONS

A LA

FLORE DU JAPON,

PAR

F. A. W. MIQUEL.

I. Funkia Spr.

La flore du Japon renferme différentes espèces qui, par une culture probablement séculaire, se sont éloignées de leur forme primitive et ont dégénéré en variétés, sous-variétés, races, etc. Il y a entre ces modifications des rapports si nombreux et leurs différences, analysées scientifiquement, sont si faibles, qu'on ne peut raisonnablement douter de leur communauté d'origine. Ce phénomène se manifeste, il est vrai, chez beaucoup de plantes cultivées de temps immémorial; mais les Japonais paraissent entendre l'art de faire naître ces variations plus rapidement et de leur donner plus d'amplitude [1]). Une fois obtenues chez des plantes vivaces, ces modifications se conservent et se multiplient au moyen de la propagation asexuelle, par division, boutures, etc. Un petit nombre seulement de ces variétés et sous-variétés avaient été apportées en Europe, où elles ont été décrites alors comme types d'espèces véritables; en agissant ainsi, non-seulement on commettait une inexactitude, mais on préparait une erreur pour l'avenir; car lorsqu'une nouvelle variété de la même espèce venait à être connue, on l'introduisait à son tour, vu l'ignorance où l'on restait à

[1]) A ce sujet, il ne faut pas oublier toutefois, que la culture des plantes est au Japon d'une date plus ancienne que chez les nations européennes.



l'égard des formes intermédiaires, comme espèce dans le système. Ce n'est que lentement, à mesure que nous parviendront toutes les formes différentes, que nous apprendrons à connaître leurs rapports, au moins partiellement, car pour une étude complète il sera nécessaire de rechercher, dans le pays même, quelles sont les formes qui croissent à l'état sauvage et quelles sont celles qu'on n'observe qu'à l'état cultivé.

Outres ces variétés proprement dites, il paraît aussi y avoir des formes hybrides, et je regarde comme probable que, pour les obtenir, les horticulteurs japonais mettent en œuvre la fécondation artificielle.

Un troisième groupe de déviations est formé par les variétés à feuilles panachées, et un quatrième est représenté par les formes naines. Ces dernières sont, à ce qu'il paraît, purement individuelles et s'obtiennent par toutes sortes de moyens artificiels, dont l'application commence dès la germination de la plante. La manie des plantes à feuilles panachées, qui s'est répandue en Europe dans les derniers temps, paraît être très ancienne au Japon, et c'est peut-être l'introduction de quelques-uns des spécimens de ce pays, qui a fait naître chez nous ce goût bizarre. Nous trouvons partout dans la nature des feuilles colorées autrement qu'en vert, et nous sommes alors en présence d'un état normal de la végétation. Mais la panachure blanche, jaune ou rouge, qui est constamment liée avec l'affaiblissement de l'organe ou de la plante entière, est un état anormal, et dont parfois on connaît encore l'époque d'apparition première chez telle ou telle de nos plantes cultivées. On ignore à quoi il faut attribuer au juste ce changement. En somme, il se présente comme un phénomène de débilité, de trouble dans l'absorption de l'acide carbonique; mais la cause de ce trouble n'est pas locale, ne réside pas uniquement dans les feuilles, elle doit être regardée au contraire comme une propriété de l'ensemble de l'organisme [1]).

---

[1]) Chez les arbres à feuilles panachées le phénomène se prononce beaucoup plus fortement une année que l'autre. Lorsque pendant un été, en raison de pluies

Si l'on compare les espèces de Funkia qui croissent à l'état sauvage au Japon, avec celles que renferment nos jardins, on trouve que le nombre de ces dernières est beaucoup plus grand; le Catalogue du jardin d'acclimatation de Siebold, à Leyde, mentionne (outre les variétés) 16 soi-disant espèces, tandis que je ne connais que 5 espèces véritables.

Pour obtenir quelque éclaircissement à ce sujet, j'ai réuni dans le jardin botanique d'Utrecht toutes les espèces et variétés connues. Au premier coup d'œil, la différence est considérable, et du point de vue de la floriculture on peut distinguer environ 16 Funkia, lesquels, en leur qualité de plantes vivaces, peuvent être multipliés par division et acquièrent ainsi le caractère de formes permanentes. Mais aussitôt qu'on cherche des différences essentielles, celles-ci se résolvent en un assemblage de modifications insignifiantes, telles que des degrés divers ou des colorations diverses dans la panachure des feuilles, des changements concomitants et plus ou moins grands dans les dimensions des organes, des variations de la longueur relative du pédoncule et de l'inflorescence, la couleur plus ou moins verte des feuilles, etc. Par ces modifications et d'autres de même nature, combinées diversement, l'image totale prend alors un aspect notablement différent. Comme moins sujets à varier, on peut citer: la forme générale des feuilles (à l'exception toutefois du *F. ovata*, qui offre toutes les formes intermédiaires entre la forme elliptique et la forme lancéolée), le nombre et la direction des nervures, la longueur de l'inflorescence et la structure de la grappe ou l'ordre d'insertion des fleurs, la forme du périgone, l'existence ou le défaut

continuelles et d'une réduction persistante de la lumière par suite de l'état constamment couvert du ciel, la respiration a diminué, l'étiolement n'augmente pas immédiatement, ce n'est que l'été suivant qu'il s'accuse davantage. La décoloration s'exagère à la suite d'une année pauvre en lumière, et elle paraît par conséquent être liée à la diminution des matières nutritives accumulées pendant l'année précédente. Pourrait-on rattacher à ce qui vient d'être dit le fait, observé dès l'année 1700, qu'un arbre sain, sur lequel on a greffé une branche à feuilles panachées, se met aussi à pousser des feuilles panachées?

de parfum dans les fleurs. Entre des espèces si voisines, qui se trouvent réunies dans les jardins et qui fleurissent à peu près à la même époque, il est probable qu'on doit rencontrer de ces formes hybrides, nées spontanément ou (comme je l'ai indiqué plus haut) par suite de fécondations artificielles. L'étude détaillée de ces plantes semble en effet appuyer cette présomption; toutefois, aucune certitude ne pourra être obtenue à cet égard, à moins d'expériences directes.

Quelques espèces de ce genre ont été connues de bonne heure en Europe. Kaempfer, dans ses *Amoenitates exoticae*, p. 863, mentionne une espèce sous le nom de Joksan ou Gibboosi, et une variété à feuilles étroites, nommée aussi Gibboosi, qui représente certainement le *Funkia ovata*, notamment la variété *coerulea*.

Kaempfer avait vu encore une seconde espèce, ainsi que le prouve la figure, provenant de lui, qui fut publiée par Banks sous le nom de *Hemerocallis japonica*, aujourd'hui *Funkia subcordata*. Thunberg (1776) découvrit la variété à fleurs blanches du *Funkia ovata* et la décrivit comme *Hemerocallis japonica* dans sa *Flora Japonica*, ensuite comme *Aletris japonica* dans les *Acta Upsaliensia*, et enfin comme *Hemerocallis lancifolia* dans le tome second des *Linnean Transactions*. Ce n'est que plus tard que ces espèces furent retirées du genre *Hemerocallis*, et le nom *Funkia*, sous lequel le nouveau genre est généralement connu aujourd'hui, a été donné par Sprengel (*Syst. Veg.* vol. II), qui distingua trois espèces: *subcordata*, *ovata* et *lancifolia*. Le Dr. Ascherson toutefois s'est efforcé d'établir, dans une ample dissertation, que le nom *Hosta*, qui est passé plus tard à un genre de Verbénacées, ayant été appliqué par Trattinnik aux espèces de *Funkia*, doit, suivant les règles de la nomenclature, leur rester; ce droit ne peut être reconnu au troisième synonyme, savoir *Niobe* de Salisbury. Mais, si la manière de voir du Dr. Ascherson est exacte, il y aura des changements de nomenclature à faire dans deux directions, pour deux genres, et à raison de ce motif je désire conserver, au moins provisoirement, le nom *Funkia*, qui est aujourd'hui généralement usité.

Depuis l'époque de Sprengel, plusieurs espèces inconnues

jusque-là ont été apportées du Japon en Europe par Siebold et Buerger, et, vu que parmi ces nouvelles acquisitions il y avait beaucoup de variétés et de formes dues à la culture, que la connaissance des espèces antérieures laissait encore beaucoup à désirer, entre autres sous le rapport de la synonymie, et que, en outre, les descriptions et les figures des espèces nouvelles se rapportaient assez souvent à des formes de culture, tandis que l'espèce souche était encore inconnue, il n'y a pas lieu de s'étonner que l'histoire systématique de ce genre demeura très confuse. Pendant la mise en œuvre des matériaux de la Flore du Japon, j'ai comparé les formes recueillies au Japon entre elles et avec celles qui se trouvent dans nos jardins, et je crois pouvoir avancer que bon nombre des types de ce genre se rencontrent aujourd'hui à l'état vivant en Europe.

En publiant les résultats de mes recherches, je ne me propose nullement de traiter le sujet d'une manière complète. Je donne mon travail comme une base sur laquelle pourront s'appuyer les études ultérieures, que tous les jardins botaniques offrent l'occasion de faire, et je le soumets volontiers à la critique de tous ceux qui l'en jugeront digne.

---

1. *Funkia ovata* SPRENG. *Syst. Veg.* II. *p.* 40. MIQ. *Prolus. Fl. jap. p.* 317: foliis ovato-ellipticis usque lanceolatis subacuminato-acutis 9-pli-11-pli-plinerviis gramineo-viridibus; pedunculis folia subsuperantibus bracteis foliaceis paucis munitis; racemis distanter plurifloris, bracteis inferioribus lato-lanceolatis (interdum foliiformibus) tubo perigonii longioribus, superioribus abbreviatis, herbaceis; perigonio campanulato-infundibuliformi, antheris flavis.

Varietates et lusus:

a. coerulea, foliis oblongo-ellipticis 9-pli-11-plinerviis; floribus coeruleis.

Hemerocallis coerulea ANDREW *Bot. Reposit. tab.* 6. GAWLER in *Bot. Magaz. tab.* 894.

Hosta coerulea TRATTINNIK *Tabulae*, *tab.* 189.
Hemerocallis japonica WILLD. Spec. pl. var. *β*.
Funkia ovata SPRENG. l. c.
" " " var. *β* flore coeruleo KUNTH. *Enum. Pl.* — MIQ. l. c.
Bryocles ventricosa SALISB. in *Transact. Hortic. Societ.* I. p. 335.
Haec porro ludit *ramosa*, pedunculo ramoso, 3—4 racemos proferente.

b. albo-marginata MIQ. *l. c.* foliis ovatis 9—11-plinerviis viridibus albo-marginatis, maioribus et semper latioribus quam varietatis *coeruleae*.

Funkia albo-marginata HOOK. *Bot. Magaz. tab.* 3657.

c. albo-picta, foliis elliptico-oblongis firmulis inter venas transversas albido-chloroticis pallidove-viridulis; pedunculis racemisque robustis strictis, floribus coeruleis.

Funkia viridi-marginata SIEBOLD *Catal. horti Acclim.*

d. maculata, foliis ellipticis pallido- et atro-viridi-variegatis.

Funkia maculata SIEB. l. c. partim.

e. undulata MIQ. *l. c.*, parvula, debilis, foliis praeter margines virides subundulatos fere totis albidis teneris utplurimum ellipticis.

Funkia undulata OTTO et DIETR. *Allg. Gartenzeitung.* 1833. — F. viridi-marginata *hortul.*
Funkia undulata argenteo-vittata et medio-variegata *hortul.*
Hemerocallis undulata SIEB. antea.

f. spathulata MIQ. *l. c.* foliis lanceolato-spathulatis deorsum attenuatis, lamina cum petiolo confusa, viridibus; floribus vulgo coerulescentibus.

Funkia spathulata SIEB. *Herbar.*

Lusus: *α* foliis anguste elliptico-oblongis albo-marginatis.

Funkia spathulata albo-marginata SIEB. *Catal. Horti Acclim.*

β floribus subalbidis, foliis viridibus.

Funkia japonica flore albo SIEB. ibid.

g. lancifolia, foliis cum petiolo confluentibus vario gradu lanceolatis 7-pli— 9-plinerviis, floribus albidis. — Haec unam formarum primariarum etiam spontanearum refert a genuina foliis angustatis et florum colore divergens.

Hemerocallis japonica THUNB. *Fl. Jap.* p. 142.
" lancifolia THUNB. *Linn. Transact.* II. p. 335.
" coerulea β GAWL. l. infr. cit.
Aletris japonica THUNB. *Act. Upsal.* III. p. 208.
Funkia lancifolia SPRENG. l. c.
" ovata β KUNTH *Enum.* IV. p. 593. MIQ. l. c.
" lanceolata SIEB. *Catal. horti Acclim.*

Cette espèce, qui se rencontre également dans la partie du continent asiatique voisine du Japon, par exemple dans la colonie de l'Amour, où elle a été découverte par M. Maximowicz, est probablement aussi cultivée en Chine, vu que Siebold a introduit une sous-variété, tenant le milieu entre *var. f* et *g*, sous le nom de *Funkia sinensis*, destiné à rappeler que la plante aurait été apportée de la Chine au Japon. Il ressort d'ailleurs de ce qui précède que cette espèce est variable au plus haut degré. En comparant les formes extrêmes, on hésiterait à bon droit à les rapporter à une espèce unique, mais la chaîne des formes intermédiaires fournit la preuve de l'origine commune. Un caractère qui, entre autres, distingue l'espèce, est celui du pédoncule, lequel n'est pas une vraie hampe aphylle, mais se transforme plus ou moins en tige par le développement de feuilles. Vers le bas il porte ordinairement une petite feuille et vers le haut 1 ou 2 folioles. La grandeur et la forme des fleurs restent sensiblement les mêmes dans toutes les variétés, la couleur varie entre le lilas, le violet et le blanc. Les plus grandes variations s'observent dans les feuilles; à partir de la forme sub-elliptique, nous voyons le limbe offrir tous les degrés de rétrécissement, jusqu'à se confondre enfin en un tout continu avec le large pétiole et à représenter ainsi cette sorte de forme phyllodique qui n'est pas rare chez beaucoup de Monocotylédones, et dans laquelle les nervures restent parallèles et indivises sur toute la longueur. Il est douteux que ces modifications de la forme des feuilles soient dues uniquement à la culture, et je crois qu'elles sont, en grande partie, propres à l'état naturel. Plusieurs des variétés mentionnées ont, en effet, été rencontrées aussi à l'état sauvage.

2. *Funkia Sieboldiana* HOOK. *Bot. Magaz. tab.* 3663, LINDL. *Bot. Reg. tab.* 50, MIQ. *l. c. p.* 317 *excl. excl.* — Precedente major, floribus simillima; petiolis pedalibus lato-aperte canaliculatis, foliis ovatis brevi-acuminatis vel acutis, marginibus versus basin haud cordatam antrorsum leviter conniventibus, 12-pli-18-plinerviis, gramineo-viridibus, subtus praesertim lucidis; scapis petiolos alte superantibus vulgo foliis 2—3 passim 4 parvis petiolatis distantibus instructis; racemo quam pedunculus duplo breviore distantifloro, bracteis lanceolatis sub anthesi nunc scariosis nunc herbaceis viridulis; floribus F. ovatae coeruleae parumper minoribus pallidioribus, antheris violaceis.

Funkia viridis SIEB. *Catal. horti Acclim.*

Cette espèce, qui se rapproche le plus des formes à larges feuilles de l'espèce précédente, paraît s'en distinguer nettement par les caractères signalés. Ses feuilles sont toujours beaucoup plus grandes et en général beaucoup plus larges, leur longueur étant par exemple de $7\frac{1}{2}$ pouces de Paris et leur largeur de 4; ordinairement elles possèdent aussi un plus grand nombre de nervures. Le pédoncule est long de $1\frac{2}{3}$ — $1\frac{3}{4}$ pied, et caractérisé plus particulièrement par les feuilles qu'il porte. La grappe atteint une longueur de $\frac{3}{4}$ — 1 pied; les bractées supérieures sont plus courtes et proportionnellement plus larges que les inférieures, lesquelles ont $1\frac{1}{2}$ pouce de longueur; la fleur, longue de $1\frac{3}{4}$ pouce, a des lobes oblongs-elliptiques, presque lancéolés; le tube étroit s'élargit en entonnoir vers le limbe et est un peu plus court que celui-ci. Hooker nomme la couleur pourpre pâle; d'après nos exemplaires elle serait plutôt lilas pâle (non pas blanche, comme dans sa figure citée), avec 3—5 raies foncées sur chaque lobe. Les étamines ont à peu près la longueur du périgone, ou deviennent un peu plus longues; elles sont redressées en arc au sommet, tandis que la fleur entière est un peu penchée. Les parois des anthères sont bleu foncé, le pollen est jaune d'or. Le style ne dépasse guère les étamines en longueur. La figure citée de Hooker (probablement par suite de l'espace trop restreint) ne donne pas

une idée complète de cette espèce et pourrait jusqu'à un certain point être attribuée aussi à la suivante; mais la forme de la base des feuilles et la description ajoutée s'opposent à ce rapprochement. La variété *marginata*, que j'avais déjà rapportée à cette espèce dans le *Prolusio*, lui appartient certainement, et non à la suivante, d'après l'observation d'exemplaires vivants.

Lusus: *α univittata*, foliis secus costam mediam albo-variegatis. Funkia univittata SIEB. *Catal. horti Acclim.*

β marginata, foliis pallidioribus latioribus albo-marginatis. Funkia marginata SIEB. *Catal. hort. Acclim.*

3. *Funkia latifolia* MIQ.; petiolis uti superior, foliis e basi rotundata et plerumque cordata in petioli margines decurrente lato-ovatis subrupte breviter acuminatis saturate viridibus 16-pli-18-plinerviis, nervis subtus argute exsertis; pedunculis petiolos plus duplo superantibus aphyllis, supra medium bractea solitaria vacua appressa scariosa instructis; racemo quam pedunculus duplo breviore laxo, bracteis herbaceis pallidis serius scariosis; perigonii saturate coerulei tubo cylindrico-angulato abrupte in limbum campaniformem 5-fidum terminato lobis anguste ovatis extus convexis, antheris pallide violaceis.

Cette espèce se distingue immédiatement de la précédente par l'absence de feuilles au pédoncule, lequel atteint en moyenne une longueur de 1⅗ pied. Elle fleurit aussi un mois plus tôt, en juillet, au moins dans notre pays. La couleur vert très foncé des feuilles, qui ont 9 — 7½ pouces de long sur 6½ lignes de large, lui donne un aspect particulier. Les grappes de fleurs sont longues d'environ ¾ — 1 pied. Les fleurs violettes, marquées de 5 raies foncées sur les lobes, sont longues de 1¾ — 2 pouces et ont, proportionellement au limbe, le tube plus court que dans l'espèce précédente. Les bractées sont plus courtes, les inférieures longues de 1 — ½ pouce, les supérieures beaucoup plus courtes; elles sont d'un vert pâle dans la jeunesse, deviennent ensuite jaunâtres et se dessèchent promptement. Etamines et style de même longueur, arqués au sommet; parois des anthères bleu pâle.

Lusus: α *maculata*, foliis atro- et pallido-viridi-variegatis.

Funkia maculata SIEB. *Cat. hort. Acclim.*

β. *sinensis*, foliis viridibus, racemis abbreviatis.

Funkia sinensis SIEBOLD mss. (partim.).

γ. *aureo-maculata*, floribus exacte speciei, sed foliis ovatis non cordatis minoribus, rigidulis, pallide albo-luteolo-striatis.

Dans le jardin de Siebold, à Leyde, cette espèce se rencontre, avec des feuilles un peu plus pâles, sous le nom de *F. Sieboldiana* Hook.; on y trouve aussi, sous le nom de *F. ovata*, un exemplaire qui s'accorde entièrement avec les nôtres. La variété *sinensis*, dont l'origine m'est inconnue, donne lieu de supposer que cette espèce ou du moins la variété β a été apportée de la Chine au Japon, d'autant plus que je ne l'ai pas rencontrée parmi les exemplaires séchés provenant du Japon. — Les fleurs de cette espèce sont deux fois plus grandes que celles du *F. Sieboldiana*, plus foncées, plus fermes et, en général, plus campaniformes.

4. *Funkia glauca* SIEB. *mss.*; petiolis longis profunde canaliculatis, juniorum canali saepe conniventi-subclauso dein aperto; foliis amplis e basi rotundata vel cordata antrorsum cucullato-connivente lato-ovatis acute apiculatis 25-31-pli-nerviis, rore intense glauco suffusis; pedunculis petiolo subaequilongis aphyllis ebracteatis; racemo iis multum breviore denso inter folia sublatitante, floribus subfasciculato-aggregatis, bracteis scarioso-siccis lanceolatis; perigonio carneo-subcoeruleo-pallido, stylo subexserto filamentis paullo longiore.

Funkia glauca SIEBOLD *Cat. horti Acclim.*

" Sieboldiana *var.* condensata MIQ. *Prolus.* p. 317 et F. grandiflorae exemplar cultum, *ibidem.*

Cette espèce, indubitablement bien distincte, diffère, à l'état vivant, au premier coup d'œil des *F. Sieboldiana*, *latifolia* et *subcordata*, par la couleur glauque intense des feuilles, qui sont aussi beaucoup plus grandes et pourvues d'un plus grand nombre de nervures, par les pédoncules courts, par la grappe serrée, presque cachée entre les feuilles et dans laquelle les fleurs sont plus ou

moins fasciculées. Les pétioles sont souvent longs d'environ $1\frac{1}{3}$ pied, et les feuilles prennent, par le rapprochement des bords, la forme cucullée, à un degré encore plus prononcé que dans la variété ci-après. La grappe a une longueur d'environ 7 pouces; les bractées, dont les inférieures sont longues de 2 pouces et les supérieures de $\frac{1}{2}$ pouce, sont à l'état de jeunesse, rougeâtre pâle. Les fleurs diffèrent très peu de celles du *F. Sieboldiana*; elles sont longues de $1\frac{3}{4}$ pouce. Le style se montre à l'extérieur avant l'épanouissement complet des fleurs, tandis que les étamines restent incluses; les anthères sont violet pâle, le pollen jaune. A l'état sec les feuilles perdent leur couleur glauque et peuvent alors être confondues avec celles d'autres espèces.

β cucullata, petiolis speciei, foliis minoribus, magnitudine *F. latifoliae*, alioquin conformibus et intense glaucis; pedunculis folia superantibus, racemis minus condensatis, valde elongatis.

Funkia cucullata SIEB. *Cat. horti Acclim.*

La signification de cette variété est encore douteuse pour moi. A l'habitus du *F. Sieboldiana* elle unit les caractères essentiels du *F. glauca*, à l'exception seulement des pétioles, qui montrent en avant un canal largement ouvert. Il est possible qu'elle doive être regardée comme une forme hybride. Après la période de floraison les feuilles deviennent plus vertes.

5. *Funkia subcordata* SPRENG. *Syst. Veg.* II. 40. MIQ. *l. c. p.* 316; petiolis antice aperte canaliculatis, foliis e basi cordata ovatis breviter acuminatis usque 17-pli-nerviis pallide viridibus; pedunculis folia superantibus elongatis; racemis laxifloris, bracteis foliaceis, inferioribus cordato-ovatis amplis, superioribus pedetentim magis oblongis lanceolatisque; floribus magnis albis suaveolentibus longe infundibuliformibus, limbo subcampanulato; filamentis leviter arcuatis, apice non infracto-recurvis.

Hemerocallis japonica BANKS *Icones Kaempf, tab.* 2. THUNB. *Linn. Transact.* II. p. 335. GAWL. *Bot. Magaz. tab.* 1433.

Aletris japonica HOUTTUIJN, *Linn. Syst. vol.* 2, *fasc.* 12 (edit. germ. tab. XI) *tab.* 84. *fig.* 2, non THUNB.

Hemerocallis alba ANDR. *Bot. Reposit. p. et tab.* 194. WILLDEN. *Hort. berol.* p. 389.
Hemerocallis plantaginea LAM. *Encycl.* III. p. 103.
Hemerocallis cordata CAVANILL. *Descript.* p. 124 (non THUNB. quae Lilium cordifolium).
Niobe cordifolia SALISB. *Transact. Hort. Soc.* I. p. 335.
Hosta japonica TRATTIN. *Tabul.*, *tab.* 89.
Funkia Sieboldiana, *var. bracteata* MIQ. *Prol.* p. 317 huc probabiliter referenda.

Cette espèce, qui a été connue une des premières, était autrefois universellement répandue dans les jardins, mais aujourd'hui elle est devenue plus rare ; tant par la forme que par le parfum agréable de ses fleurs d'un blanc pur, elle diffère de toutes les autres espèces, dont les fleurs sont plus petites, s'éloignent du blanc pur et répandent à peine quelque odeur. — Les fleurs atteignent 3½ — 4 pouces de longueur, et ont un long tube infundibuliforme, qui se prolonge en un limbe campanulé et profondément lobé. Les anthères sont jaunes. Le couleur beaucoup plus pâle des feuilles, qui sont d'un vert jaunâtre, permet aussi de distinguer cette plante en dehors de l'époque de floraison. La figure de Houttuyn est très médiocre.

β. grandiflora, foliis longius petiolatis, longius ovatis, racemo magno, bracteis inferioribus omnino foliaceis, floribus majoribus.

Funkia grandiflora SIEB. *mss. in* VAN HOUTT. *Flore des Serres*, II. *tab.* 158.
F. subcordata var. grandiflora SIEBOLD *hort. Acclim.*

Cette variété diffère fort peu de l'espèce proprement dite. Elle est un peu plus grande dans toutes ses parties. Ses feuilles sont plus allongées, non ovales-arrondies, mais ovales-oblongues. Les bractées de la grappe de fleurs sont éminemment foliacées; vers le haut seulement elles deviennent plus petites, plus étroites, les dernières lancéolées.

NOTES
ORNITHOLOGIQUES SUR LA FAUNE
DES
Pays-Bas.

PAR

J. P. VAN WICKEVOORT CROMMELIN.

Nous ferons connaître aux ornithologistes qui s'intéressent à la faune des Pays-Bas, quelques nouvelles observations pouvant servir de supplément à celles publiées déjà sur les oiseaux qui fréquentent notre contrée. Afin de faciliter la comparaison, nous suivrons l'ordre méthodique adopté par le Prof. Schlegel dans la Faune néerlandaise, et pour mieux lier nos observations à celles d'autres ornithologistes, nous en citerons plusieurs que nous emprunterons tant des ouvrages de ce naturaliste, que des écrits de MM. van Bemmelen et Albarda (*Bouwstoffen voor eene Fauna van Nederland*, II et III); nous signalerons ces observations par l'initiale de leur auteur.

Nisus fringillarius Kaup, *Falco fringillarius* Linné, (*El. An. p. Suec. obs.* p. 47). — Les grand bois du Brabant, de la Gueldre (*S.*) et de la Frise (*A.*) sont les seules localités des Pays-Bas, où l'Epervier se reproduit communément. Nous ne saurions citer que deux captures faites dans la Hollande proprement dite à l'époque des couvées, savoir celle d'un mâle tué près de Santpoort en Mai 1864, et celle d'une femelle qui nous fut adressée de Velsen en Juin 1866; nous ignorons cependant si ces oiseaux ont niché dans nos environs. L'espèce y est d'ailleurs très-abondante pendant ses migrations d'automne, car dans l'espace de sept an-

nées nous avons obtenu plus de 450 individus. Parmi ceux-ci il ne se trouvait qu'un très-petit nombre de mâles trahissant leur âge avancé par les teintes particulières du plumage, savoir par l'absence de raie sourcilière, par les bandes indistinctes de la queue, par le cendré ardoise très-foncé des parties supérieures et par la nuance de roux vif à la majeure partie du dessous du corps. Nous ne vîmes qu'une seule femelle portant une pareille livrée, quoique les femelles passent en Hollande en plus grande quantité que les males.

La dénomination générique de *Nisus*, déjà employée par Frisch entre 1739 et 1760, pour indiquer en général les oiseaux de sa 5e division des Rapaces diurnes, comprenant les Eperviers, fut adoptée par G. Cuvier en 1799 (*Anat. comp.*); celle d'*Accipiter* fut généralement usitée par les anciens ornithologistes jusqu'à Brisson, et même par Pallas, pour désigner particulièrement tant l'Autour que l'Epervier, et souvent aussi quelques autres oiseaux de proie; le nom d'*Astur* ne fut employé d'abord que spécifiquement, ce fut Lacépède qui le premier lui donna un sens générique (*Mém. de l'Inst.* 1800). Nous croyons donc qu'il convient de conserver le nom de *Nisus* pour le genre des Eperviers, et d'assigner à celui des Autours la dénomination générique d'*Accipiter*.

Circus cineraceus Brehm (*Beitr. z. Vog.* I. 1820, et non Naumann 1822, ni Cuvier 1829). — La variété noire du Busard cendré, qui est assez commune dans le Nord de la France, mais plus rare en Allemagne, fut observée également en Gueldre (*S.*), et se montra aussi à plusieurs reprises dans les dunes de la Hollande. Il paraît même qu'elle se reproduit parfois dans cette dernière localité, car un mâle adulte fut tué près du nid, non loin de Santpoort, en Juin 1866.

Dans nos articles précédents (*Nederlandsch Tijdschrift voor de Dierkunde*, II et III, et *Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, II) nous avons partagé l'erreur commise par Stephens (Shaw *Gen. Zool.* XII, p. II, pag. 41), et propagée par le Prince Bonaparte (*Consp. Gen. Av.*, I, p. 35), par le Prof. Schlegel (*Bouwst. etc.* I, p. 62, *Fauna v. Ned.* p. 31, *Mus. d'Hist.*

nat. des Pays-Bas, *Circi* p. 3) par Fritsch (*Vögel Europa's*) et par plusieurs autres ornithologistes, en substituant le nom de *cinerascens* à la dénomination spécifique proposée par Montagu (*Orn. Dict.* I.). Nous ignorons la raison qui a pu décider ces auteurs en faveur de ce changement, la langue latine ne l'exigeant en aucune manière; au contraire, dans un des dictionnaires les plus célèbres nous avons vainement cherché le mot *cinerascens*, ainsi que le verbe *cinerasco*, dont ce participe est dérivé, tandis que l'adjectif *cineraceus* y est indiqué comme se trouvant chez Pline.

Milvus vulgaris Fleming (*Brit. An.* p. 51), *Falco Milvus vulgaris* Linn (*El. An. p. Suec. obs.* p. 47, 1743, et *S. N.* 6e éd. g. 36, sp. 7, 1748), *Milvus regalis* Briss. (1760). — Le Milan royal ne fut observé d'abord que très-rarement, et uniquement en automne, en Brabant, en Gueldre (*S.*), en Groningue (*B.*) et en Frise (*A.*). Cependant dans les dernières années il se montra à plusieurs reprises dans les dunes de la Hollande, non-seulement en Octobre et en Décembre, mais aussi en Avril et en Mai. Actuellement nous avons à annoncer la première capture faite en été dans notre province: car la femelle d'une paire qui séjourna quelque temps dans le voisinage de Bloemendaal, y fut prise le 28 Août 1868; elle fait partie de notre collection.

Buteo vulgaris Bechstein. — La Buse vulgaire niche dans les parties boisées du Brabant, de la Gueldre (*S.*) et de la Groningue (*B.*). Nous ne l'avons observée en Hollande que deux fois dans la saison de la reproduction. Une paire séjourna dans le bois de Hillegom pendant le printemps de 1867, et l'on y prit à la fin de Juin dernier un second couple qui était en pleine mue; malheureusement on n'y put jamais découvrir la moindre trace de nidification.

Noctua nyctea Cuvier. — Aux captures citées par MM. Schlegel et van Bemmelen (*Bouwst.* etc. I, p. 64 et III, p. 419) nous ajouterons celles de deux jeunes, dont l'un fut pris, le 30 Janvier 1869, dans les dunes maritimes de la Hollande, près de Zandvoort; il se trouve actuellement à la ménagerie de la Société

royale zoologique d'Amsterdam. Le second fut tué, le 23 Février, près d'Oosterwolde, village de la Gueldre.

Cypselus apus Illiger. — Le Martinet de muraille ne nous arrive ordinairement qu'en Mai; cependant nous l'avons observé cette année à Harlem dès le 23 Avril.

Sitta europaea Linn, *S. caesia* Meyer et Wolff. — La Sittelle est commune dans plusieurs parties de la Gueldre (*S.*); elle est rare en Groningue (*B.*), et M. Albarda l'a observée en Frise. Nous pouvons affirmer qu'elle habite également certaines localités des provinces d'Overijssel, d'Utrecht et de Brabant.

Sylvia hortensis Latham. — La Fauvette des jardins ne vient d'ordinaire en Hollande qu'au commencement de Mai; cependant nous l'y avons observée cette année dès la mi-Avril.

Ficedula hypolais Keys. et Blas. — Cette espèce ne paraît habituellement dans les Pays-Bas qu'à la mi-Mai; cependant nous l'y avons observée cette année dès le 7 de ce mois.

Nous croyons avec M. Blásius, qu'il convient de conserver à cet oiseau et à ses congénères la dénomination générique de *Ficedula*, déjà employée par Brisson pour les oiseaux du genre *Motacilla* de Linné et adoptée par G. Cuvier (*Anat. comp.* 1799) pour désigner l'espèce dont nous traitons, ainsi que les Pouillots et les Figuiers américains, quoique ce naturaliste ait réuni plus tard tous ces oiseaux avec les Roitelets dans son genre *Regulus* (*Règne an.* 1817). Les Pouillots portent à juste titre le nom générique de *Phyllopneuste* proposé par Meyer en 1815.

Calamodyta schoenobaenus Bonap., *Motacilla schoenobaenus* Linné, *Sylvia phragmitis* Bechst. — Cet oiseau ne nous arrive ordinairement qu'à la fin d'Avril; cependant nous possédons dans notre collection une femelle tuée le 10 Avril 1869, dans les roseaux au bord de l'Y.

Parus ater Linn. — Cette Mésange niche dans les bois de la Gueldre (*S.*), et visite en automne la Hollande et la Frise (*A.*). Il paraît cependant qu'elle se reproduit aussi quelquefois dans notre province, car nous avons déjà obtenu un mâle adulte tué près de Bloemendaal le 16 Mai 1853 (*Bouwst.* etc. II, p. 211),

et nous découvrîmes, le 27 Mai de cette année-ci, non loin du même village, une couvée qui se trouvait dans un creux formé par les racines d'un vieux tronc, sur la pente d'une petite dune boisée.

Pyrrhula rubicilla Pallas, *P. vulgaris* Temm. — Le Bouvreuil vulgaire niche en Gueldre, ainsi que l'a déjà remarqué Nozeman (*Nederl. Vogelen* II); on peut ajouter comme lieux de reproduction quelques endroits de la province d'Overijssel. L'espèce ne visite d'ailleurs les autres parties des Pays-Bas qu'à l'époque de ses voyages, mais très-irrégulièrement et à de longs intervalles; c'est du moins le cas en Hollande, où dans l'espace de vingt années nous ne fûmes témoin que d'un seul passage assez considérable de ces oiseaux, savoir en Novembre 1866. Plusieurs se prirent alors dans les piéges tendus aux grives, et parmi eux se trouvait une femelle qui se distinguait par la particularité d'avoir une tache longitudinale blanche à la barbe interne de la rectrice extérieure. Ces observations ont surtout rapport aux grands Bouvreuils; ceux de petite taille sont encore plus rares en Hollande. Nous n'y avons rencontré qu'une seule femelle, tuée le 20 Janvier 1855. (*Bouwst.* II, p. 213).

Loxia pytiopsittacus Bechst. — Cette espèce ne visite les Pays-Bas que très-accidentellement, aussi ne connaissons-nous qu'un très-petit nombre de captures, faites dans les provinces d'Utrecht, de Groningue et de Hollande, et énumérées par M. van Bemmelen (*l. c.* III, p. 523). Cependant une volée assez nombreuse de ces oiseaux se montra, en Février 1867, près de St. Michielsgestel, à peu de distance de Bois-le-Duc; plusieurs s'avancèrent même plus loin dans le Brabant, où quelques-uns furent tués, en Mars, dans le voisinage de Bréda. C'est à l'entremise bienveillante de M. P. Six, ornithologiste de cette ville, que nous sommes redevable du mâle et de la femelle, qui font partie de notre collection.

Columba oenas Linn. — Les environs de Nymègue, de Bois-le-Duc (*S.*) et de Bréda (Six, *Bouwst.* etc. I, p. 211.) étaient jusqu'ici les seules localités des Pays-Bas, où avait été observé le

Colombin. Une femelle fut prise cependant en Hollande, près de Vogelenzang, le 9 Novembre 1868, dans un filet tendu aux bécasses. Cette colombe nous fut offerte par la bienveillance de M. G. F. van Tets, Vice-Président de la Société hollandaise des Sciences, que nous prions de vouloir accepter encore à cette occasion les témoignages réitérés de notre reconnaissance.

Charadrius hiaticula Linn. — Ce Pluvier ne visite d'ordinaire nos côtes maritimes qu'à l'époque de ses voyages périodiques. Il paraît cependant que quelques individus séjournent parfois en Hollande pendant la saison de la reproduction; car une paire habita au printemps de 1866 un champ de lin, situé dans le lac desséché, dit de Harlem. Le mâle y fut tué le 28 Mai; il fait partie de notre collection.

Gallinago media Leach. — La Bécassine ordinaire se reproduit en Hollande, en Brabant, en Groningue et en Frise, selon les observations des trois auteurs cités; nous ajouterons qu'elle niche également dans les parties marécageuses de la province d'Overijssel.

Alca lomvia Linn, et *Alca arra* Schlegel. — Nous adoptons le genre *Alca* tel qu'il a été établi par le Prof. Schlegel (*Mus. d'Hist. nat. des P. B.*). Nous appliquons la dénomination de *lomvia* à l'espèce que Brünnich désigna du même nom, parce que l'*Alca lomvia* de Linné (*S. N.* 10e éd. I, p. 130) nous semble identique à cet oiseau, ainsi qu'au *Colymbus troile* de ce dernier auteur (*F. S.* 2e éd. p. 52), l'*Uria troile* de Latham, mais non pas à l'*Uria troile* de Brünnich, le *Cepphus arra* de Pallas, l'*Uria Brünnichii* de Sabine ou l'*Alca arra* de Schlegel, ainsi que le prétendent Naumann (*Naturg. der Vög. Deutschl.* XII, p. 535) et G. R. Gray (*Cat. of Brit. Birds in the Brit. Mus.* p. 220). Cette dernière espèce ne visite la Hollande que très-accidentellement, nous ne l'y avons jamais encore observée nous-même; plusieurs de ces oiseaux pris sur nos côtes et considérés comme appartenant à cette espèce (*Bouwst.* etc. I, p. 163) ne sont selon nous que des individus adultes de l'*Alca lomvia*.

Anser Temminckii Boie, *A. minutus* Naum. — On sait que cette Oie ne visite les Pays-Bas que très rarement, et qu'on n'y

voit d'ordinaire que des jeunes; cependant nous possédons une femelle adulte prise en Overijssel, le 13 Janvier 1865.

Cycnus minor Keys. et Blas. — Au petit nombre de captures faites dans ce pays vient se joindre celle d'un mâle adulte tué, le 20 Mars 1858, près de Meppel en Drenthe; il fait partie de notre collection.

Fuligula glacialis Audubon. — Outre la capture des deux mâles adultes, dont nous avons fait mention dans notre Notice sur les canards observés en Hollande (*Ned. Tijds.* etc. I), nous signalerons celle d'un troisième mâle en parfait plumage, tué en Hollande, il y a deux ans, et faisant actuellement partie de la collection ornithologique de M. Brown, pasteur à Rotterdam.

Fuligula rufina Stephens. — Dans l'article que nous venons de citer nous avons mentionné la capture de plusieurs mâles; actuellement nous annoncerons celle d'une femelle, la seule que ayons jamais observée en Hollande: elle fut prise le 4 Janvier 1867, près d'Aalsmeer, village situé à peu de distance d'Amsterdam, et elle fait partie de notre collection.

Procellaria leucorhoa Vieillot (recte *leucorrhoa*), *Pr. Leachii* Temm. — Outre les deux captures que nous avons citées dans le 2e Vol. de ces Archives, nous en signalerons quelques autres, dont l'une se fit dans les environs de Rotterdam. L'oiseau fait partie de la collection de M. Brown. — Plusieurs individus furent pris l'automne dernier en Gueldre, à la suite de forts coups de vent.

Stercorarius parasiticus G. R. Gray. — M. van Bemmelen (*l. c.* III, p. 529) fait la remarque, qu'il ne connaît aucune capture de cette espèce faite dans les Pays-Bas hors du mois de Septembre; nous possédons cependant une jeune femelle prise en Hollande le 18 Novembre 1853.

Sterna Hirundo Linn. — Cette espèce n'arrive communément en Hollande qu'à la fin d'Avril ou en Mai; cependant nous l'avons observée cette année dès le 13 Avril, sur le Spaarne, au Nord de Harlem.

Sterna nigra Linn. — La Sterne Epouvantail nous quitte ordinairement dès les premiers jours de Septembre; cependant nous

possédons un mâle tué sur l'étang de Bloemendaal le 29 Septembre de l'année dernière.

Nous croyons qu'il convient de conserver à cet oiseau le nom proposé par Linné en 1758 (*S. N.* 10e éd. p. 137), la description qu'en donne ce naturaliste (*F. S.* 2e éd. p. 56) étant trop caractéristique pour qu'il puisse y avoir aucun doute sur l'espèce en question: l'indication de la couleur noire du bec et de la teinte blanche des sub-alaires s'applique parfaitement à la Sterne Epouvantail, mais ne convient nullement au *St. leucoptera*. On ne peut dire non plus de cette dernière espèce, qu'elle a en général le corps *gris cendré*, mais cette expression est parfaitement juste pour la première, surtout pour les individus tués en Juin et portant un plumage à teinte terne. Il est vrai que Linné (*S. N.* 12e éd. I, p. 227), en ajoutant que le bec est rouge, se contredit lui-même, puisqu'il conserve son ancienne diagnose: il paraît que l'auteur confondait alors ces deux espèces. La description donnée par Gmelin (*S. N.* 13e éd. I, p. 608) du *St. nigra* est celle du *St. leucoptera*, mais sa diagnose est la même que celle employée par Linné. La seconde espèce doit porter, à notre avis, le nom de *St. leucoptera* proposé en 1815 par Meisner et Schinz, car les noms de *fissipes* et de *naevia*, adoptés par Pallas pour indiquer cette espèce, ont été employés antérieurement par Linné pour des oiseaux identiques à son *St. nigra*.

HARLEM, Juillet 1869.

MÉTHODE D'ANALYSE DU LAIT,

PAR

E. H. VON BAUMHAUER.

Il y a une dixaine d'années j'ai fait connaître les résultats d'une longue série de recherches sur la composition du lait de vache dans les Pays-Bas, non-seulement du lait à l'état de pureté, tel que la vache le fournit, soit pendant l'hiver, à l'étable, soit pendant l'été, au pâturage, mais aussi du lait tel qu'il est débité aux habitants de nos grandes villes. Ce travail a montré que la seule adultération à laquelle le lait soit soumis en Néerlande consiste dans l'écrémation et la dilution avec l'eau; mais cette fraude est parfois pratiquée sur une si grande échelle, que plus de la moitié du lait vendu est de l'eau ajoutée, et pour cette addition on choisit souvent, comme à Amsterdam, une eau d'un brun jaunâtre sale, afin de masquer l'espèce de bleuissement que la dilution produit dans le lait.

A l'occasion de ces recherches, qui ont embrassé plus de 150 échantillons différents de lait, j'ai fait connaître aussi une nouvelle méthode pour la détermination des principes constituants essentiels de ce liquide, méthode qui, par l'exactitude des résultats et la rapidité d'exécution, se recommande à tous ceux qui ont à faire un grand nombre d'analyses, par exemple aux experts dans les poursuites judiciaires pour sophistication du lait.

Comme l'altération principale qu'on fait subir au lait consiste à lui enlever de la crème et à ajouter de l'eau, on a cru que la détermination de la proportion de crème, au moyen du crémo-

mètre ou du lactoscope, combinée avec la détermination de la densité à l'aide de l'aréomètre, suffit pour décider avec certitude, non-seulement si le lait a éprouvé une semblable falsification, mais aussi dans quelle mesure l'écrémation et la dilution ont été pratiquées.

Quant à la détermination densimétrique seule, bien que dans certains pays elle constitue le mode de vérification exclusivement employé par la police, il est clair qu'elle ne peut pas nous apprendre grand'chose, puisque le lait est une solution de matières spécifiquement plus pesantes que l'eau, solution dans laquelle sont suspendus les globules de crême, spécifiquement plus légers que l'eau; d'où il suit nécessairement que du lait écrémé et étendu d'eau peut avoir la même densité que du lait riche en crème et pur de tout mélange avec de l'eau.

Dans le travail dont il s'agit, j'ai cherché à élucider ces trois points:

1°. L'aréomètre est-il apte à donner avec exactitude la densité du lait?

2°. La détermination de la densité du lait écrémé fait-elle connaître exactement la quantité des matières dissoutes dans le lait?

3°. Le crémomètre et le lactoscope indiquent-ils avec certitude la proportion des globules graisseux suspendus dans le lait?

En m'occupant du premier point, j'avais naturellement en vue tous les aréomètres à poids constant, quel que soit du reste le nom qu'ils portent ou la graduation dont ils sont pourvus.

J'ai déjà dit tout à l'heure qu'à eux seuls, et sans détermination simultanée de la proportion de crème, les aréomètres ne nous renseignent pas beaucoup sur la nature du lait crémeux; mais nous devons examiner s'il n'y a pas encore d'autres raisons qui rendent l'emploi des aréomètres, pour le lait, peu recommandable.

D'abord, le coefficient de dilatation du lait est inconnu; les tables relatives à cette dilatation, qui ont été dressées expérimentalement par quelques observateurs, ne méritent pas beaucoup de confiance, attendu que, comme nous le verrons plus loin, le rapport entre les matières dissoutes varie considérablement dans

les différents spécimens de lait. On est donc obligé, quand on fait usage de l'aréomètre, d'opérer toujours à une seule et même température.

Il y a encore une autre circonstance par suite de laquelle les indications de l'aréomètre, lorsqu'il s'agit du lait, peuvent donner des résultats très fautifs, surtout quand on ne procède pas avec des précautions minutieuses. Lorsqu'on plonge l'aréomètre dans un liquide et qu'on l'abandonne à lui-même, il s'enfonce à une profondeur plus grande que celle à laquelle il s'arrêtera après quelques oscillations et à laquelle aura lieu la lecture; cette profondeur est d'autant plus grande que l'aréomètre a été lâché à une distance plus considérable du point d'équilibre. Or le lait est un liquide plus ou moins épais, et on comprend que la tige de l'aréomètre, après avoir été mouillée par ce liquide, en garde par adhérence une quantité assez notable, qui rend le poids de l'instrument très variable. Les expériences que j'ai faites à ce sujet m'ont prouvé qu'on peut commettre ainsi des erreurs très importantes, assez grandes pour équivaloir à une différence, en plus ou en moins, de 5 p. c. d'eau dans le lait. Il est d'ailleurs évident que ces erreurs sont d'autant plus considérables que le volume de l'aréomètre est plus petit relativement au diamètre de la tige; de sorte que pour le petit galactomètre de A. Chevallier, dont MM. A. Chevallier et O. Reveil font un si bel éloge [1]), elles doivent être beaucoup plus fortes que pour les pèse-lait de plus grandes dimensions dont on se sert généralement dans ce pays-ci.

En déterminant la densité de différents échantillons de lait, comparativement, au moyen d'une pesée hydrostatique et au moyen, tant du galactomètre de Chevallier, que de l'aréomètre de Geissler, qui pour un volume d'environ 50 cc. a une tige dont le diamètre est tout au plus de 3 mm., je me suis assuré que les indications de ces deux instruments présentent un accord très imparfait avec les résultats de la pesée hydrostatique. Cela s'applique au lait écrémé et, à un plus haut degré, au lait crémeux, pour lequel

1) *Notice sur le lait*, Paris, 1856.

il existe encore une autre raison qui doit rendre la détermination aréométrique inexacte. Le lait est, en effet, un liquide plus dense que l'eau, dans lequel nagent des globules plus légers, qui ont une tendance à monter à la surface. Nous avons donc ici, bien qu'à un moindre degré, ce qui a lieu dans un liquide visqueux tenant emprisonnées des bulles d'air, lesquelles en s'attachant à la surface inférieure du corps immergé vicient nécessairement la détermination de la densité. Nous verrons plus loin que cette erreur doit s'aggraver notablement pour du lait qui a été beaucoup agité.

J'ai trouvé ensuite que, même pour le lait écrémé, la densité, déterminée d'ailleurs avec la plus grande exactitude, n'est dans aucun rapport fixe avec la somme des principes dissous; quant au lait crémeux, cela va sans dire.

La densité du lait écrémé n'indique pas la somme des matières qui s'y trouvent dissoutes, parce que la proportion relative du sucre de lait, du caséum, de la matière extractive et des sels inorganiques n'est pas la même dans les différents échantillons de lait.

Les expériences ont prouvé encore qu'il n'y a que fort peu de rapport entre les indications du crémomètre ou du lactoscope et la quantité de matière grasse que le lait contient et qui peut en être extraite par l'éther. Il est d'ailleurs naturel qu'il en soit ainsi, surtout lorsqu'il s'agit de lait venu d'une certaine distance et qui, en raison de ce transport, a été soumis pendant un temps plus moins long à toutes sortes de vibrations et de secousses.

Avant d'aller plus loin, nous devons nous arrêter un instant au barattage du lait, pour combattre une erreur généralement répandue au sujet de ce qui se passe dans cette opération.

Chez la plupart des cultivateurs existe l'idée que le beurre ne se sépare par le battage que lorsque le lait est acide; dans la science au contraire, on sait que le lait doux donne également du beurre par le battage. Mais on suppose que pendant cette agitation du lait avec de l'air, le lait devient acide, et que l'acide lactique formé dissout l'enveloppe membraneuse

des globules du lait, dont le contenu, mis en liberté, peut alors se rassembler en masses butyreuses.

Les expériences suivantes mettent, je pense, hors de doute que cette manière de voir est inexacte.

Le lait qui servit à ces expériences avait été trait le matin, à quatre heures et demie, sur un pâturage à proximité d'Amsterdam, en prenant la précaution de tenir le seau très près du pis, afin d'éviter autant que possible la formation d'écume; ce lait avait été porté dans deux seaux jusqu'au laboratoire, et on l'avait préservé autant que possible de toute secousse. Le lait avait une réaction neutre, au moins pendant les premières secondes de son contact avec le papier réactif; plus tard, la réaction devint acide [1]). On prit plusieurs flacons, d'une capacité de deux litres, et dans chacun on versa un litre de lait. Dans un de ces flacons on ajouta quelques gouttes d'acide lactique, de sorte que le lait eut tout d'abord la réaction acide. Un second flacon ne reçut aucune addition. Dans un troisiéme flacon on versa quelques gouttes de carbonate de potasse, de manière à donner une réaction faiblement alcaline; au bout de peu de temps toutefois la réaction était devenue acide, et immédiatement aprés le battage on la trouva neutre. Dans un quatrième flacon on introduisit une quantité beaucoup plus grande de carbonate de potasse, de sorte que le lait avait encore conservé le réaction alcaline après le battage. Le lait avait une température de 21° C. Ces quatre flacons furent secoués par quatre personnes, avec la même force, pendant 1 minute, puis mis au repos. Sur les parois de chacun des flacons on voyait des granulations, preuve que le beurre commençait à se séparer. Examinés au microscope, ces grains apparaissaient comme de grandes gouttes graisseuses, ovales ou à contours irré-

[1]) Je crois que lorsqu'on veut examiner le lait relativement à son action sur le papier réactif, il est absolument nécessaire de tenir compte de l'action qui se manifeste dans les premières secondes, vu qu'il est suffisamment connu que le lait, étendu en couche mince à l'air, aigrit promptement. Il est probable que c'est à cette circonstance que doit être attribuée la discordance des indications données par différents observateurs au sujet de la réaction du lait.

guliers, ordinairement mûriformes, et qui se laissaient étendre par la pression entre deux lames de verre. Les flacons furent de nouveau secoués pendant une minute. Les grains déposés sur les parois des flacons avaient pris, dans tous, un accroissement égal, et la même chose eut lieu chaque fois qu'on répéta les secousses. Après la dixième minute il y avait déjà des grains assez volumineux, et après la dix-huitième on trouva dans chacun des quatre flacons de petites masses butyreuses jaunes, de la grosseur d'un pois; la séparation du beurre s'était effectuée d'une manière très satisfaisante, sous le rapport de la quantité comme sous celui de la qualité; ainsi que je l'ai déjà dit, le lait après cette opération avait une réaction neutre dans le troisième flacon, une réaction alcaline dans le quatrième. On n'avait observé de différence d'aucune espèce entre les quatre flacons. Le beurre retiré de ces flacons, examiné au microscope, présentait tout à fait le même aspect que celui des grains déposés après la première minute d'agitation. Dans le lait dépouillé de la matière grasse, les très petits globules se montraient encore en grande quantité, mais le nombre des grands globules avait considérablement diminué. Cette expérience, que tout le monde peut répéter facilement, prouve, ce me semble, qu'il ne saurait être question de dissolution des enveloppes par de l'acide lactique formé, et même elle porte un coup sensible à l'opinion qui admet l'existence de ces enveloppes membraneuses autour des globules graisseux, opinion qui ne s'appuie du reste que sur des arguments très faibles.

L'idée que je me fais du barattage est celle-ci. Par l'agitation, les globules du lait se heurtent l'un contre l'autre avec une certaine force et, lorsque la température est au degré convenable, ils restent accolés, ce qui donne lieu aux grumeaux mûriformes qui composent le beurre jaune tel qu'on cherche à l'obtenir. Lorsque le lait est trop froid, chaque paysan sait qu'il peut battre pendant des heures sans que le beurre se sépare; c'est pour cela qu'il ajoute alors un peu d'eau chaude au lait ou à la crème qu'il en a enlevée. Les globules du lait sont dans ce cas trop

durs, même cristallins, et l'accolement ne peut se faire. D'un autre côté, que se passe-t-il lorsque le lait est trop chaud, ainsi qu'il arrive parfois en été, ou en hiver après l'addition d'une quantité trop considérable d'eau chaude? Le beurre est alors *brûlé*, comme disent les paysans; il se forme de petits grains, le beurre ne veut pas se rassembler en grumeaux et donne une masse blanche, opaque, très molle, qui, par l'exposition au froid, prend plus de dureté mais ne devient pas jaune et translucide. Cela tient à ce que par la chaleur la matière grasse s'est fondue; les gouttelettes se réunissent bien en gouttes, mais elles ne peuvent s'agréger en grumeaux, parce que dans les conditions où le liquide se trouve le battage produit une émulsion. Malgré toutes les peines qu'ils se donnent, il arrive parfois que les paysans ne réussissent pas à faire marcher le barattage convenablement, et ils attribuent cet insuccès à toutes sortes de causes étranges. L'emploi du thermomètre les mettrait à l'abri de ces accidents. La température à laquelle on obtient du beau beurre est fixée entre d'étroites limites; des expériences répétées, dans lesquelles j'ai employé aussi des machines à baratter, m'ont appris que cette température est située entre 20 et 22° C. En opérant constamment à cette température, au lieu d'ajouter l'eau chaude ou l'eau froide presque au hasard, le fabricant de beurre s'épargnera beaucoup de mécomptes.

Outre les essais dont je viens de parler, j'en ai encore fait deux autres; j'ai pris deux flacons contenant du lait, et j'ai ajouté dans l'un du sulfate de soude et dans l'autre du sel marin, en quantité suffisante pour que, après avoir secoué quelque temps, il restât encore un peu de sel non dissous. Après que le lait, qui s'était considérablement refroidi, eut été ramené à la température de 21° C., les deux flacons furent secoués, comme ci-dessus, pendant un nombre déterminé de minutes; j'ai trouvé ainsi que l'addition de ces sels n'avait aucune influence sensible sur la séparation du beurre.

Une dernière expérience nous montrera clairement pourquoi les indications du crémomètre ne peuvent rien nous apprendre

aussitôt que le lait a été agité, et pourquoi par conséquent cet instrument ne peut rendre aucun service dans les grandes villes, où le lait est apporté souvent d'une distance d'une lieue sur des charrettes qui cahotent fortement.

Un premier crémomètre fut rempli de lait non agité, un second du même lait secoué pendant une minute, un troisième de lait secoué pendant deux minutes, et ainsi de suite. Dans les crémomètres qui avaient reçu du lait secoué pendant peu de minutes, il se forma au bout de quelques instants une couche de crème bien séparée, qui occupait 1 à 2 centièmes du volume, et au-dessous de laquelle on trouva le lendemain une seconde couche, d'un aspect tout différent de celui de la première; dans le lait, au contraire, qui avait été secoué pendant 10 minutes ou plus, il y avait déjà, au moment où on le versa dans les crémomètres, des grumeaux qui surnagaient et qui occupaient, dans l'un 2 à 3, dans un autre 11 à 12 centièmes de la capacité. Dans tous les crémomètres il se forma par le repos une seconde couche de crème, d'autant plus faible que le lait avait été agité plus longtemps. Les indications des crémomètres étaient naturellement très discordantes; tandis que le lait non secoué marquait 8¼, les autres échantillons marquaient entre 10 et 6.

De ce qui précède il ressort clairement, à mon avis, que par la détermination de la densité du lait et la détermination de la richesse en crème à l'aide du crémomètre ou du galactoscope, il est impossible de juger avec quelque certitude du degré de falsification, soit par écrémation, soit par addition d'eau. Ces déterminations peuvent tout au plus servir à constater une addition d'eau s'élevant à 10, 20, 30, 40 pour cent et une écrémation considérable; dans certains cas même, lorsque l'eau qui est employée à couper le lait est de l'eau saumâtre, comme il arrive à Amsterdam, la connaissance de la densité nous éclaire encore beaucoup moins sur la composition du liquide.

La raison principale qui empêche d'avoir recours à une analyse complète pour constater l'adultération du lait, c'est que ces analyses, pour avoir quelque utilité, doivent être exécutées en

grand nombre, et que chacune exige beaucoup de temps et de travail. L'idée est donc venue à différents chimistes qu'il suffirait de doser un des principes du lait d'une manière rapide et pourtant assez exacte, et de déduire de ce dosage le degré de sophistication que le lait a pu subir. C'est ainsi que M. Marchand a fait construire un *lactobutyromètre*, dans lequel un volume déterminé de lait, additionné d'une trace de lessive de soude, est secoué avec un volume égal d'éther, après quoi on ajoute encore un volume égal d'alcool, on secoue de nouveau et on chauffe légèrement. Le beurre serait, d'après l'auteur, complétement insoluble dans ce mélange, et se rassemblerait à la surface en une couche dont on pourrait lire l'épaisseur sur le tube gradué.

MM. Reveil et Chevallier partent de l'idée que la proportion de lactine est suffisamment constante dans le lait; ils chauffent donc le lait jusqu'à ébullition, y ajoutent, à l'exemple de M. C. Struckman (*Chem. Parm. Centralblatt*, 1855, p. 695), quelques gouttes d'acide acétique, et obtiennent, d'après leur assertion, confirmée par M. ter Kuile, une solution limpide comme de l'eau, et dans laquelle ils dosent le sucre de lait par la méthode de Barreswil. Je dois dire que j'ai essayé ce procédé à différentes reprises, mais que j'ai eu beau modifier les conditions de l'expérience, varier la quantité de l'acide ajouté, ainsi que sa nature (acide acétique, sulfurique, chlorhydrique, oxalique, tartrique), je n'ai jamais réussi à obtenir une liqueur limpide. Ordinairement elle était très trouble; dans les cas les plus favorables elle restait encore opalescente, de sorte quelle était impropre à la détermination du sucre par la liqueur cuivreuse ou par l'appareil de polarisation.

M. L. Ladé [1]) conseille de déterminer la proportion de caséine par une dissolution titrée de nitrate de protoxyde de mercure; M. E. Monier [2]) recommande dans le même but une dissolution titrée de caméléon minéral.

---

[1]) *Schweitz. Zeitschrift für Parmacie*, reproduit dans le *Polyt. Centralblatt*, 1852, 2e Sect.

[2]) *Comptes rendus*, 1858, t. XLVI, p. 256; *Journal für praktische Chemie* d'Erdmann, 1858, p. 478.

Mais, est-il bien possible de conclure, de la détermination d'un des principes du lait, aux changements qu'on a pu faire éprouver à ce liquide? Tous les expérimentateurs ont trouvé que la richesse du lait en beurre, pour la même vache, est très variable; on peut dire la même chose, bien qu'à un moindre degré, des matières dissoutes du lait. La proportion relative du sucre de lait et du caséum offre des divergences notables dans les différents échantillons de lait, ainsi qu'il résulte de nos recherches. Ce n'est donc pas sur la détermination d'un seul des principes essentiels du lait, mais sur celle de plusieurs de ces principes, que le jugement doit être fondé.

Pour le même motif je dois désapprouver aussi, contrairement à l'avis de plusieurs chimistes qui y voient le moyen le plus sûr de constater la falsification par l'eau, l'emploi exclusif de la détermination des matières non volatiles du lait, bien que je regarde cette détermination, combinée avec celle de la matière grasse et en outre, dans les cas douteux, avec celle du sucre ou du caséum, comme la seule bonne méthode d'essai du lait.

Jusqu'ici, toutefois, la détermination des matières non volatiles du lait a toujours été une opération très longue et accompagnée de beaucoup de difficultés, de sorte qu'il était impossible d'exécuter une grande quantité de ces déterminations en peu de temps et avec l'exactitude nécessaire. Je crois que la méthode que je vais faire connaître apportera sous ce rapport une amélioration notable.

Chacun sait que pendant l'évaporation du lait (même quand elle ne se fait pas à la chaleur de l'ébullition mais, par exemple, au bain-marie) il se forme à la surface une pellicule très résistante, qui met obstacle à l'évaporation ultérieure; quand on enlève cette pellicule, il s'en forme promptement une nouvelle, et ainsi de suite. Cette pellicule se compose de caséine pénétrée de matière grasse. Quand, en agitant continuellement et en rompant les pellicules à mesure quelles se forment, on est parvenu, en apparence, à évaporer le lait à sec, le résidu n'est pas encore, à beaucoup près, privé d'eau; il doit maintenant être séché à une température qui dépasse 100° C.

La plupart des expérimentateurs conseillent d'opérer à la température de 105° C. Mais, si l'on veut continuer la dessiccation jusqu'à ce que deux pesées successives, faites chaque fois après une exposition d'une heure à la température de 105° C., n'indiquent plus de perte, on trouve que le résidu, surtout vers les bords, ne tarde pas à se colorer en brun foncé, et qu'il est presque impossible d'obtenir deux pesées qui soient égales entre elles, vu que la matière brune formée (probablement du caramel) est hygroscopique à un haut degré. Traité par l'eau, le résidu donne une solution brune. On voit donc que le poids du résidu ainsi obtenu n'exprime pas la somme des matières solides que le lait renferme. La méthode indiquée par M. Haidlen, et qui consiste à ajouter au lait qui doit être évaporé $\frac{1}{6}$ de son poids de gypse séché à 100° C., a bien diminué un peu l'inconvénient signalé mais ne l'a pas fait disparaître, et d'ailleurs elle ne dispense pas l'expérimentateur, pendant toute la durée de l'évaporation (c'est-à-dire pendant plusieurs heures) de consacrer son temps, sans partage, à l'agitation du liquide. En outre, cette méthode peut donner lieu occasionnellement à de graves erreurs, lorsque le gypse n'est pas parfaitement pur ou lorsqu'il n'a pas été séché avec beaucoup de soin. Séché à une température trop élevée, le gypse se change en effet en anhydrite, qui, dès qu'elle arrive au contact de l'eau, reprend de l'eau de cristallisation. C'est pour cela que M. Wicke a conseillé de remplacer le gypse par le sulfate de baryte, qui, après avoir été chauffé au rouge et débarrassé ainsi complétement d'eau, peut être traité de nouveau par l'eau, puis séché à 105°, sans subir aucun changement de poids. Au lieu de ces deux substances M. C. Brunner [1]) recommande de prendre du charbon de bois en poudre grossière; mais je dois me prononcer ouvertement contre l'emploi de cette matière, vu que le charbon de bois, comme il est suffisamment connu, ne peut être considéré comme corps indifférent vis-à-vis des matières organiques. La substance qui, sous tous les rapports, convient le mieux pour

[1]) *Polyt. Journ.*, t. CXLVII, p. 132.

être mélangée avec le lait afin d'en faciliter l'évaporation, est incontestablement celle à laquelle a eu recours M. Otto [1]), savoir le sable pur, lavé à l'acide chlorhydrique.

Après m'être convaincu par des expériences nombreuses, que la détermination de la matière non volatile du lait, à l'aide d'une des méthodes précédentes, non-seulement laissait beaucoup à désirer sous le rapport de la certitude du résultat, mais nécessitait aussi beaucoup trop de travail pour pouvoir être jamais employée là où il s'agit d'essayer des centaines d'échantillons de lait, j'ai pensé qu'on atteindrait le but en prenant une masse poreuse entièrement indifférente, qui puisse absorber une quantité de lait déterminée et pas trop faible, sans en laisser écouler la moindre partie. On exposerait la substance ainsi imbibée à un courant d'air sec, d'abord à une température peu élevée et ensuite à une température un peu au-dessus de 100° C:; vu l'état de division extrême du lait, il ne pourrait s'y former de pellicules capables d'empêcher, après la dessiccation, le passage de l'air à travers la masse poreuse. L'augmentation de poids de cette masse donnerait la somme des principes non volatiles du lait. Mes premières tentatives pour réaliser cette idée furent infructueuses. Le plâtre gâché et solidifié n'absorbe presque pas de lait, même lorsqu'on y incorpore des fragments de ponce avant de le couler. La ponce est trop fragile pour qu'on puisse manier et dessécher les morceaux sans qu'il s'en détache un peu de poudre. Des différentes espèces de grès que j'ai essayées, aucune n'était assez poreuse. Je fis alors fabriquer des petits godets à parois épaisses en terre cuite très poreuse; mais, ici encore, la porosité était insuffisante, la crème restait en grande partie à la surface et formait en se desséchant une couche impénétrable à l'air.

Le moyen le plus simple est souvent celui auquel on songe en dernier; c'est ce qui eut lieu ici. Je finis par trouver que du sable bien lavé à l'acide chlorhydrique puis bien calciné, qu'on place dans un filtre de papier bien desséché, non soutenu par

[1]) Liebig's *Annalen*, Avril 1857, p. 60.

un entonnoir, mais librement suspendu de sorte que toute la surface du papier soit exposée à l'air, était la substance qui, par son indifférence chimique, convenait le mieux pour l'objet que j'avais en vue. Les petites difficultés qui se présentèrent dans l'exécution furent aisément surmontées, et je crois pouvoir affirmer que la méthode à laquelle je fus ainsi conduit, à l'occasion de l'analyse du lait, est de nature à trouver une application étendue dans la chimie et surtout dans la chimie physiologique, où l'on se trouve arrêté par des difficultés de tout genre, aussitôt qu'il s'agit d'évaporer bien à sec des dissolutions de matières animales ou végétales; qu'on songe seulement aux analyses du sang, du la bile, de l'urine, etc.

On doit choisir du sable bien blanc et bien pur; mieux vaudrait encore prendre de la poudre de quartz incolore. On fait digérer le sable avec de l'acide chlorhydrique; ensuite on le lave, d'abord à l'eau de pluie, puis à l'eau distillée, jusqu'à ce que celle-ci ne marque plus la réaction de l'acide chlorhydrique. Dans cette préparation, on opère naturellement très en grand. Après avoir été desséché, le sable est calciné dans un creuset de Hesse couvert, bien propre, et, pendant qu'il est encore rouge, on le verse d'une certaine hauteur sur une pierre bien essuyée, afin que les matières organiques carbonisées pendant la calcination puissent se brûler dans leur passage à travers l'air. Ce sable est introduit, avant d'être complétement refroidi, dans des flacons propres, fermant bien et préalablement échauffés; on le conserve ainsi jusqu'au moment d'en faire usage.

Le papier à filtrer, découpé en disques ronds de 10 à 12 centimètres de diamètre, est également lavé à l'acide chlorhydrique et à l'eau, puis séché dans un courant d'air sec qu'on porte finalement à une température de 110° C., et conservé dans des flacons à large col fermés par des capuchons en caoutchouc.

Une plaque ronde en cuivre rouge (Voy. fig. I, pl. III), portée sur des pieds de 10 centimètres de hauteur, est percée de 10, de 12 ou d'un plus grand nombre de trous ronds, ayant un diamètre de 5 cm. et placés à une certaine distance l'un de l'autre.

Dans ces trous l'on suspend des anneaux formés d'une tige massive de verre, et dont le diamètre est d'environ 4 cm., tandis que le diamètre de la tige est de 3 mm.; ces anneaux reposent sur la plaque de cuivre par trois petits crochets en verre, soudés à la lampe. Plus tard, j'ai fait confectionner ces anneaux à crochets en terre cuite. Dans chacun de ces anneaux on place un filtre plié en quatre, à la manière ordinaire, qu'on remplit de sable jusqu'à ½ cm. du bord; cette opération est achevée en peu d'instants. Près de chaque trou un numéro d'ordre est imprimé sur la plaque; au centre de celle-ci est fixé un manche en bois, à l'aide duquel la plaque chargée de ses filtres remplis de sable peut être soulevée d'une seule main; près de son bord, la plaque est encore percée d'un petit trou, dans lequel peut passer le réservoir d'un thermomètre.

Comme appareil de chauffage on se sert d'un bain en cuivre à doubles parois, entre lesquelles se trouve de la paraffine; dans ce bain se placent une ou deux des plaques de cuivre décrites plus haut et que nous nommerons les *supports*; notre figure représente le bain de paraffine garni de deux supports superposés, A et B, chacun à 10 trous, de sorte qu'on peut opérer sur 20 filtres à la fois. Le couvercle du bain s'y adapte exactement et porte à son centre un petit tube, qui est recouvert de bois et sert en même temps de poignée; ce tube est relié à un flacon de Woulf, C, dans lequel la vapeur d'eau se condense et qui est en communication avec un aspirateur énergique, tel que je l'ai décrit ailleurs (*Archives Néerlandaises*, t. I, p. 191). Le couvercle est encore percé d'une seconde ouverture, dans laquelle se fixe le thermomètre, dont le réservoir, passant à travers les trous des deux supports, descend jusqu'au niveau des pointes des filtres inférieurs. Dans l'espace occupé par la paraffine se trouve un tube de cuivre deux fois recourbé à angle droit, qui débouche d'un côté au milieu de l'étuve, et dont l'autre extrémité est reliée, à la fin de l'opération, à un appareil où l'air se dessèche sur de l'acide sulfurique ou du chlorure de calcium.

On prend d'un autre côté autant de petits matras et d'entonnoirs

de verre qu'on a d'analyses à exécuter; la capacité des matras, jusqu'à un trait marqué sur le col, est exactement de 100 cc.; les entonnoirs (fig. II) ont les bords usés à l'émeri et se recouvrent d'un morceau de verre à glace. Les uns et les autres portent une série continue de numéros. Les entonnoirs sont choisis de dimension telle, que les filtres, placés sur leurs anneaux, y soient librement suspendus, et qu'après avoir recouvert l'entonnoir il reste encore un espace de ½ centimètre entre la plaque de verre et le bord supérieur du filtre; au col de l'entonnoir est adapté un tube de caoutchouc fermé par une pince à ressort. Enfin on a encore besoin d'exsiccateurs en nombre égal à celui des analyses, vu qu'on ne peut faire usage d'un exsiccateur commun pour des matières aussi hycroscopiques que le résidu solide du lait. J'emploie comme exsiccateur ou réfrigérant un verre à précipité, dans lequel est fixé un triangle destiné à soutenir l'anneau à crochets dont il a été question ci-dessus; au fond du verre se trouve du chlorure de calcium; un capuchon de caoutchouc le recouvre et le ferme.

Voici comment s'exécute l'analyse du lait.

Les filtres ayant été remplis de sable, on les place sur le support et on les chauffe pendant une demi-heure dans l'étuve à 110° C.; après qu'ils se sont refroidis dans les exsiccateurs, on les pèse successivement, et à cet effet on les dispose sur un petit verre à précipité dont on a coupé le fond et usé le bord coupé (V. fig. III). Dans mes expériences, le verre à précipité, l'anneau de verre et le filtre plein de sable pesaient entre 68 et 75 grammes. Les pesées faites, on prend, au moyen d'une pipette ayant la capacité requise, 10 cc. de chacun des échantillons de lait qu'il s'agit d'analyser et qu'on a préalablement ramenés à 15° C., et on verse ces 10 cc. sur un des filtres, en ayant soin de mouiller toute la surface du sable sauf le bord extérieur.

Le sable contenu dans le filtre peut absorber plus de 10 cc. de lait, de sorte que la pointe du filtre ne s'humecte presque jamais; ce n'est que lorsque j'avais affaire à du lait allongé d'un volume égal d'eau, qu'il m'est arrivé parfois de voir découler une

couple de gouttes de liquide. Quand ce cas se présente, on remplace le filtre par un autre dans lequel on ne fait imbiber que 5 cc. de lait, puis, lorsque les filtres sont presque secs, on ajoute les 5 cc. restants et on continue la dessiccation. Dans mes analyses j'ai constamment opéré sur 10 cc. de lait et j'ai calculé les résultats pour 1000 parties de volume, c'est-à-dire pour le litre; je crois que cette manière de procéder est plus rationnelle que de donner la composition en centièmes du poids, vu que le lait ne se vend pas au poids mais à la mesure.

Lorsque les filtres ont reçu chacun leur charge de lait, le support est porté dans l'étuve, qu'on chauffe à 60° ou 70° C. environ, et qu'on maintient à cette température aussi longtemps que le courant d'air qui a traversé l'appareil dépose encore de l'eau. Ensuite on fait passer, en modérant l'aspiration, de l'air préalablement desséché, et on élève successivement la température de l'étuve à 105° C., point auquel on la laisse pendant au moins une bonne demi-heure. La dessiccation est entièrement achevée en 4 à 5 heures, sans qu'on ait eu à s'en occuper autrement que pour consulter de temps en temps les indications du thermomètre. Les filtres sont alors placés pendant une heure dans le réfrigérant, puis pesés de nouveau. L'excès de la seconde pesée sur la première représente la somme des matières non volatiles du lait. Pour plus de précaution, on peut remettre le support pendant une heure dans l'étuve chauffée à 105° C., laisser refroidir de nouveau pendant une heure et peser encore une fois, afin de s'assurer que la dessiccation a été complète. Mais, si l'on opère exactement de la manière que j'ai prescrite, on trouvera toujours que la nouvelle pesée reproduit, à 1 ou tout au plus à 2 milligrammes près (plus ou moins), le résultat de la précédente. Il faut surtout avoir soin de ne pas retirer les filtres trop tôt du réfrigérant, parce que le sable perd difficilement sa chaleur.

Il importe beaucoup aussi, durant l'évaporation, de ne pas laisser la température dépasser 70° C. avant que les filtres soient secs, vu que lorsqu'on chauffe les filtres humides immédiatement à 100°, les bords se colorent promptement en brun jaunâtre, ce

qui n'arrive pas quand la dessiocation se fait à une température plus basse. Une fois que la masse est sèche, elle supporte très bien une chaleur de 105° C. sans brunir. M. Otto avait déjà fixé l'attention sur ce fait.

Comme exemple je rapporterai les résultats d'un examen qui fut fait, pour contrôler la méthode, sur du lait d'ânesse pris dans une écurie d'Amsterdam.

Trois filtres de sable séchés, pesant en grammes:

1. 74,883
2. 71,577
3. 71,338

reçurent chacun 10 cc. de lait, puis furent séchés de nouveau. La pesée donna:

1.	75,981	par conséquent	1,098	de matières non volatiles.
2.	72,672	„ „	1,095	„ „ „ „
3.	72,438	„ „	1,100	„ „ „ „

Les filtres ayant ensuite été remis pendant une heure dans l'étuve, et pendant une autre heure dans le réfrigérant, on obtint les nombres suivants:

1. 75,980
2. 72,672
3. 72,438

On voit donc que la seconde dessiccation n'était pas nécessaire.

Pour déterminer la proportion de matière grasse on procède de la manière suivante. Les filtres étant placés dans les entonnoirs, on remplit ceux-ci d'éther anhydre et on les tient fermés pendant une demi-heure, puis on laisse écouler l'éther en ouvrant les robinets à ressort; on répète cette opération deux fois, on lave encore les filtres une couple de fois avec de l'éther, après quoi on les place sur le support et on les porte dans l'étuve. Chaque filtre ne demande pas même 100 cc. d'éther. Si la dessiccation a été bien faite, l'éther s'écoule incolore et limpide comme de l'eau.

Nos 1 et 2 furent traités ainsi, puis séchés et refroidis de la manière ordinaire; cette dessiccation, on le comprend, se fait en très peu de temps. La pesée donna:

N°. 1.	75,775	par cons. perte	0,206
N°. 2.	72,460	„ „ „	0,212.

Les filtres furent lavés encore une fois chacun avec environ 100 cc. d'éther, puis séchés et refroidis de nouveau. Par la pesée on obtint:

N°. 1.	75,775
N°. 2.	72,460.

Le premier traitement par l'éther avait donc dissous toute la matière grasse.

Quelques expérimentateurs conseillent d'évaporer la solution éthérée dans des capsules pesées, de sécher le résidu à 100° C. et de le peser. Je ne puis me rallier à cette méthode, tant à cause de la perte qui doit résulter de ce que les solutions éthérées grimpent fortement le long des parois des capsules, que parce que j'ai trouvé que la graisse, séchée de cette manière à 100° C., s'évapore partiellement, ce qui devient manifeste aussi bien par l'odeur que par l'émission de vapeurs blanches.

Pour doser le sucre de lait on procède de la même manière que pour déterminer la graisse, à cela près qu'au lieu d'éther on emploie de l'eau chaude; l'eau qui s'écoule est reçue dans les petits matras de 100 cc. dont il a été question plus haut. En prenant environ 90 cc. d'eau, qu'on verse successivement par petites quantités, on en a plus qu'il ne faut pour extraire complétement le sucre. Le caséum n'est toutefois pas entièrement insoluble dans l'eau, tant froide que chaude, de sorte qu'en répétant le traitement par l'eau les filtres perdent encore de leur poids. Mais ce dernier liquide ne content plus de sucre, ainsi que les expériences l'ont appris.

Nos 1 et 2, traités de cette manière, séchés et refroidis, donnèrent à la pesée:

N°. 1.	75,035	perte	0,740
N°. 2.	71,730	„	0,730.

Après avoir été traités de nouveau par 100 cc. d'eau chaude, séchés et refroidis:

N°. 1.	75,011	perte	0,764
N°. 2.	71,714	„	0,746.

Enfin, après avoir subi encore une fois le même traitement:

N°. 1.	75,004	perte	0,771
N°. 2.	71,700	„	0,760.

Quand la dessiccation a été faite convenablement, les solutions aqueuses sont tout à fait incolores et limpides.

La solution aqueuse provenant du premier traitement, après qu'on l'eut laissée refroidir jusqu'à 15° C. dans le petit matras jaugé où elle avait été reçue, fut portée exactement au volume de 100 cc., puis on y dosa le sucre au moyen de la liqueur d'épreuve de Mulder.

10 cc. de la liqueur d'épreuve, étendus de 10 cc. d'eau, exigèrent:

N°. 1. 5,25 et 5,30 de solution aqueuse
N°. 2. 5,35 et 5,30 „ „ „

L'eau provenant du second traitement fut ensuite ajoutée à 5 cc. de la liqueur d'épreuve. A la première ébullition aucune réduction n'eut lieu; en continuant à faire bouillir il s'en produisit une légère, mais si faible qu'après qu'on eut ajouté toute l'eau du premier et du second traitement, c'est-à-dire environ 400 cc., la liqueur restait encore fortement colorée en bleu. L'effet observé doit être attribué à la caséine qui, à l'aide d'une ébullition prolongée, réduit un peu d'oxyde de cuivre.

On a fait aussi une détermination crémométrique de ce lait d'ânesse, détermination qui donna 3 pour cent du volume.

Le galactomètre marquait 110 sur l'échelle jaune dans le lait à l'état naturel, et 107 sur l'échelle bleue dans le lait écrémé.

Comme dans toutes mes autres analyses, j'ai aussi dosé les cendres du lait d'ânesse, en mettant dans un petit creuset de platine 10 cc. de lait, y ajoutant quelques gouttes d'acide acétique, ce qui est nécessaire pour prévenir en grande partie la formation des pellicules et accélérer par suite l'évaporation, puis évaporant au bain-marie et incinérant à blanc, ce qui s'exécute très facilement. Ce dosage donna 0,0355 gr. de cendres.

L'analyse du lait d'ânesse, qui j'ai mentionnée ici uniquement à titre d'exemple, afin de faire apprécier le degré d'exactitude de la méthode, a donc montré que ce lait renferme par litre:

Matière grasse	20,9	grammes
Sucre de lait	61,5	"
Autres matières solubles dans l'eau .	12,0	"
Matières insolubles dans l'eau	15,3	"
Matières minérales	3,5	"

Comme le lait est un mélange de différentes matières non volatiles et d'eau, et qu'il n'existe entre ces matières aucun rapport constant de poids, on ne peut arriver à fixer sa composition moyenne que par l'analyse de nombreux échantillons de lait non falsifié, provenant de régions différentes et d'animaux placés dans des conditions différentes et soumis à un régime d'alimentation différent.

Dans mon Mémoire: *Over de keuring der koemelk en over de melk in Nederland* [1]), j'ai fait connaître la composition d'un grand nombre de spécimens de lait de vache, que j'avais reçus de différentes parties du pays, et qui représentaient aussi bien le lait à l'état de pureté, que le lait tel qu'on le vend aux habitants des villes. De ces spécimens je réunis ici, dans le tableau I, les vingt qui m'ont été envoyés comme provenant directement de la vache, bien que je ne puisse répondre qu'ils expriment exactement la composition véritable du lait, vu que j'ignore si l'on a exprimé tout le lait que les pis contenaient; on sait en effet que le lait trait en dernier lieu est plus riche en beurre que celui qu'on obtient au commencement.

Ces vingt échantillons sont tous du lait d'hiver, et proviennent

---

[1]) *Verslagen en mededeelingen der Koninklijke Akademie der Wetenschappen*, Section des Sciences phys., t. VIII, p. 145.

par conséquent d'animaux au régime de l'étable. Voici les renseignements qui m'ont été communiqués au sujet de quelques-uns d'entre eux.

N°. 1. Lait d'une vache qui avait vêlé trois semaines auparavant et qui était nourrie avec du foin et des tourteaux de lin.

N°. 3. Lait d'une vache qui avait vêlé quatre fois, la dernière fois le 17 Janvier (à trois semaines de distance de l'analyse du lait); nourriture: foin, tourteaux de lin et carottes.

N°. 6. Mélange du lait de 8 vaches, traites le matin; nourriture: foin, pelures de pommes de terre, drêche et tourteaux de lin.

N°. 7. Mélange du lait de 7 vaches; nourriture: foin, tourteaux de lin et carottes.

N°. 8. Lait d'une vache, traite à midi; nourriture: foin et turneps.

N°. 9. Lait d'une vache, traite le matin à 7 heures: nourriture: turneps, paille hachée et farine de féverolles.

N°. 10. Lait d'une vache, traite le matin à 8 heures; nourriture: rien que du foin.

N°. 11. Mélange du lait de 4 vaches, traites le matin à 6 heures et qui recevaient par jour, à elles quatre: 3 kilos de tourteaux de colza, 6 kilos de pain noir, 8 kilos de son et issues de farine de froment, 12 litres de petites pommes de terre, 12 betteraves, plus du foin et de la paille.

N°. 12. Lait d'une vache, traite le matin à 7 heures; nourriture: foin, paille, fanes de navets et une soupe chaude, composée de pommes de terre et de navets coupés en morceaux, cuits ensemble et mélangés avec du jus de tourteaux de colza.

N°. 13. Lait d'une vache, traite le matin à 7 heures; nourriture: foin en abondance, peu de paille, betteraves ou turneps broyés et mélangés avec du jus de tourteaux de colza.

N°. 14. Lait d'une vache, traite à midi. Les heures de mulsion étaient le matin à 6 heures, à midi et le soir à 6 heures. La vache avait vêlé cinq semaines auparavant. La nourriture se composait principalement de foin, de navets et d'une petite quantité de tourteaux de lin; on donnait accessoirement des déchets de cuisine, tels que pelures de pommes de terre, feuilles de

choux, etc. Il est à remarquer que le lait ne voulut pas se séparer dans le crémomètre.

N°. 15. Lait d'une vache, traite le soir à 8 heures; heures de mulsion le matin à 6½, l'après-midi à 1 et le soir à 8 heures. La vache avait vêlé quatre semaines auparavant. La nourriture se composait de foin, carottes, navets, un demi-tourteau de colza par jour, pelures de pommes de terre et autres déchets de cuisine, et jus d'une distillerie à vapeur d'eau-de-vie de pommes de terre.

N°. 16. Lait d'une vache, traite le matin à 7 heures; heures de mulsion le matin à 7 heures, à midi et le soir à 6 heures. La vache avait vêlé à la fin de novembre. La nourriture consistait en foin, avoine et paille d'avoine, un demi-tourteau de colza et betteraves.

N°. 17. Lait du soir et N°. 18 lait du matin d'une même vache, celle de toute l'étable qui donnait *le plus* de lait; elle était nourrie de foin.

N°. 19. Lait du soir et N°. 20 lait du matin d'une même vache, qui était regardée comme donnant le *meilleur* lait, et qui était aussi nourrie exclusivement de foin.

Pour obtenir des données encore plus certaines sur la composition moyenne du lait, le lait de cinq vaches faisant partie d'une étable d'Ouderkerk, près Amsterdam, fut examiné pendant une série de dix mois consécutifs, depuis le moment où elles venaient de vêler, ce qui eut lieu en hiver, jusqu'au mois d'octobre suivant, époque où elles furent ramenées à l'étable. Le régime de l'étable se composait de foin et de tourteaux de lin; au pâturage, les animaux ne mangeaient que de l'herbe. A l'étable on trayait le matin à 5 heures et l'après-midi à 4 heures; au pâturage, le matin à 3 heures et l'après-midi à 4 heures; on avait soin que le lait destiné à l'examen fût prélevé sur le produit total de la mulsion; le lait du matin et celui du soir étaient examinés chacun séparément.

Les cinq vaches dont le lait fut étudié étaient:

A, vache âgée de 4 ans, qui avait vêlé trois fois.

B, vache âgée de 6 ans, qui avait vêlé quatre fois.

C, vache âgée de 4½ ans, qui avait vêlé trois fois.

D, vache âgée de 4 ans, qui avait vêlé deux fois.

E, vache âgée de 4½ ans, qui avait vêlé trois fois; cette dernière vache étant tombée malade vers le milieu de juin, on la remplaça par une autre

F, âgée de 9 ans et qui, au mois de mai, avait vêlé pour la neuvième fois.

Le tableau II donne la composition du premier lait sécrété après le part, l'amouille ou le colostrum; pendant ces trois à quatre jours les vaches étaient traites trois fois en vingt-quatre heures. Le tableau III comprend la composition du lait normal, à partir de la première semaine après le part.

On sera frappé des chiffres très faibles obtenus pour les matières non volatiles chez la vache âgée de neuf ans.

Tableau I.

	Sur 1000 CC. de lait.						Sur 100 parties en poids de matière non volatile privée de graisse.				Détermination par la pesée hydrostatique.		Pèse-lait		Galactomètre.		Crémomètre.
	Matière non volatile.	Matière soluble dans l'éther.	Sucre de lait.	Autres matières solubles dans l'eau.	Matières insolubles dans l'eau.	Eléments minéraux.	Sucre de lait.	Autres matières solubles dans l'eau.	Matières insolubles dans l'eau.	Eléments minéraux.	A l'état naturel.	Ecrémé.	A l'état naturel.	Ecrémé.	A l'état naturel.	Ecrémé.	
1. 11 Mars, près Amsterdam....	123,8	26,8	45,8	12,0	39,2	7,9	47	12	41	8,1	1,0343	1,0360	16,8	17,0	120	113	10,0
2. 11 Mars, " Leyde........	111,4	25,7	47,0	11,6	27,1	7,6	54	14	32	8,9	1,0320	1,0328	15,2	15,6	110	106	7,7
3. 4 Févr., " La Haye.....	133,6	35,3	39,1	14,4	44,8	7,7	40	13	46	7,8	1,0358	1,0369	16,7	17,5	124	116	10,0
4. 25 Mars, à Papendrecht.....	108,4	19,7	47,4	11,3	30,0	7,0	53	13	34	7,9	1,0310	1,0320	14,7	15,2	111	102	8,7
5. 25 Mars, " Dubbeldam......	123,9	33,1	35,5	20,3	35,0	6,8	39	22	39	7,5	1,0303	—	14,4	—	106	—	8,5
6. 15 Avril, près Utrecht.......	121,6	23,7	40,9	14,9	42,1	8,0	42	15	43	8,1	1,0319	1,0340	15,0	16,0	111	109	9,5
7. 15 Avril, " "	112,1	23,8	45,5	12,0	31,3	7,2	51	13	36	8,0	1,0307	1,0330	•14,5	15,6	106	105	10,7
8. 9 Janvier, " Arnhem......	125,5	32,3	52,8		40,4	7,5	56		44	8,0	1,0338	1,0340	—	—	124	—	4,7
9. 7 Janvier, " Tiel.........	110,4	27,7	59,3		23,4	7,0	71		29	8,4	1,0309	1,0329	—	—	—	—	9,2
10. 7 Janvier, " "	105,0	29,8	52,0		23,2	6,4	69		31	8,5	1,0280	1,0290	—	—	—	—	8,5
11. 7 Janvier, " Doesburg.....	124,9	20,8	54,8		49,3	6,7	53		47	6,4	1,0318	1,0336	—	—	—	—	12,5
12. 9 Janvier, " Zutphen......	123,6	37,1	51,1		35,4	7,9	59		41	9,1	1,0335	1,0341	—	—	119	—	8,0
13. 9 Janvier, " "	107,1	25,5	51,8		30,3	7,1	63		37	8,6	1,0307	1,0312	—	—	112	—	7,2
14. 7 Janvier, " Nimègue.....	137,4	43,4	60,7		33,3	7,4	64		36	7,9	1,0341	1,0363	—	—	—	—	—
15. 7 Janvier, " "	125,8	39,9	57,8		28,1	7,5	67		33	8,7	1,0326	1,0348	—	—	—	—	8,5
16. 7 Janvier, " "	104,4	20,9	59,4		24,1	7,3	71		29	8,7	1,0321	1,0333	—	—	—	—	7,7
17. 28 Avril, " Leeuwarden...	112,6	27,6	41,4	19,5	24,1	7,0	48	22	30	8,2	1,0303	—	—	—	—	—	8,7
18. 28 Avril, " " ...	116,4	22,8	39,5	16,3	37,8	7,2	42	17	41	7,6	1,0300	—	—	—	—	—	8,5
19. 28 Avril, " " ...	118,8	27,7	40,9	20,8	29,4	7,1	45	22	33	7,8	1,0301		—	—	—	—	—
20. 28 Avril, " " ...	122,4	27,7	43,0	20,3	31,4	7,3	45	21	34	7,7	1,0318	—	—	—	—	—	3,5
Moyenne....	118,5	28,5	57,0		33,0	7,3	63,2		36,8	8,1	1,0318	1,0334	—	—	—	—	—

Tableau II.

Colostrum de la vache A.

Date.	Matière non volatie.	Graisse.	Cendres.
10 Décembre 1858...	2,885	0,771	0,123
" " " ...	1,810	0,580	0,117
" " " ...	1,398	0,302	0,103
11 " " ...	1,606	0,564	0,096
" " " ...	1,501	0,435	0,087
" " " ...	1,518	0,507	0,089
12 " " ...	1,472	0,497	0,090
" " " ...	1,491	0,486	0,089
13 " " ...	1,387	0,451	0,082

Colostrum de la vache B.

8 Janvier 1859.....	2,059	0,226	—
" " "	1,461	0,132	0,104
" " "	1,395	0,185	0,090
9 " "	1,310	0,127	0,090

Colostrum de la vache C.

14 Janvier 1859.....	2,899	0,585	0,098
" " "	2,178	0,422	0,100
" " "	1,630	0,369	0,090
15 " "	1,262	0,304	0,089
" " "	1,298	0,352	0,085
" " "	1,368	0,343	0,084
16 " "	1,259	0,299	0,084
" " "	1,218	0,257	0,083
17 " "	1,228	0,259	0,080
" " "	1,232	0,249	0,080

Colostrum de la vache D.

11 Mars 1859......	2,370	0,330	0,100
12 " "	1,428	0,268	0,087
" " "	1,472	0,294	0,080
13 " "	1,216	0,308	0,080
14 " "	0,209	0,329	0,076

Colostrum de la vache E.

17 Avril 1859......	2,798	0,280	0,106
18 " "	1,959	0,285	0,092
" " "	1,818	0,312	0,084
19 " "	1,468	0,444	0,080
" " "	1,389	0,461	0,076

Tableau III.

Vache A. A l'étable..

		Matière non volatile.		Graisse.		Eléments minéraux.		Lactoscope		Pèse-lait.		Crémomètre.	
1858.		Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.
Décembre	17.	1,323	1,241	0,430	0,328	0,093	0,090	—	—	—	—	—	—
1859.								—	—	—	—	—	—
Janvier	10.	1,115	1,048	0,300	0,213	0,082	0,076	—	—	—	—	—	—
»	19.	1,111	1,127	0,279	0,281	0,071	0,070	—	—	—	—	—	—
»	28.	1,128	1,126	0,265	0,260	0,070	0,071	—	—	—	—	—	—
Février	12.	1,174	1,182	0,258	0,255	0,070	0,071	—	—	—	—	—	—
»	26.	1,144	1,128	0,243	0,249	0,072	0,072	—	—	—	—	—	—
Mars	10.	1,200	1,195	0,275	0,265	—	0,071	—	—	—	—	—	—
»	24.	1,187	1,205	0,254	0,271	0,072	0,071	—	—	—	—	—	—
Avril	8.	1,182	1,174	0,261	0,252	0,076	0,071	—	—	—	—	—	—
»	30.	1,175	1,205	0,250	0,287	0,069	0,080	29	24	14,8	15,0	8	10

Au pâturage.

Mai	12.	1,187	1,176	0,249	0,241	0,071	0,076	26	24	14,9	14,9	10	11
»	24.	1,168	—	0,242	—	0,070	—	23	—	15,1	—	11	—
Juin	8.	—	1,170	—	0,244	—	0,069	—	26	—	15,2	—	11
»	20.	1,145	1,148	0,214	0,230	0,070	0,070	28	24	14,6	14,8	10	11
Juillet	2.	1,139	1,148	0,235	0,237	0,071	0,071	30	30	14,6	14,6	10	10
»	20.	1,129	1,135	0,240	0,229	—	—	32	29	14,4	14,6	10	10
Août	15.	1,150	1,143	0,247	0,238	—	—	31	30	15	15	9	12
Septembre	1.	1,139	1,150	0,240	0,248	—	—	30	31	14,6	15	9	9
»	18.	1,195	1,222	0,284	0,309	—	—	28	28	15	15,1	11	10
Octobre	4.	1,274	1,280	0,310	0,303	—	—	28	28	14,9	14,9	10	10
»	21.	1,276	1,288	0,305	0,311	—	—	29	28	15,1	15	11	10

Vache B. A l'étable.

Janvier	19.	1,259	1,284	0,330	0,370	0,080	0,076	—	—	—	—	—	—
»	28.	1,275	1,266	0,287	0,302	0,071	0,072	—	—	—	—	—	—
Février	12.	1,178	1,184	0,249	0,275	0,070	0,069	—	—	—	—	—	—
»	26.	1,165	1,159	0,243	0,243	0,068	0,069	—	—	—	—	—	—
Mars	10.	1,148	1,146	0,243	0,242	0,069	0,070	—	—	—	—	—	—
»	24.	1,136	1,135	0,239	0,241	0,070	0,070	—	—	—	—	—	—
Avril	8.	1,153	1,152	0,244	0,244	0,071	0,072	—	—	—	—	—	—
»	30.	1,152	1,165	0,247	0,249	0,071	0,069	29	28	15	15	10	9

Au pâturage.

Mai	24.	1,194	1,194	0,260	0,279	0,071	0,071	30	29	14,5	14,5	9	9
Juin	8.	1,245	1,263	0,263	0,273	0,069	0,070	31	29	15	15	8	10
»	20.	1,205	1,275	0,263	0,280	—	—	28	31	15,2	15	10	8
Juillet	2.	1,193	1,200	0,284	0,280	—	—	—	—	—	—	—	—
»	20.	1,170	1,168	0,260	0,271	—	—	30	31	15	15	11	11
Août	15.	1,140	1,155	0,239	0,248	—	—	30	30	15	14,8	9	9
Septembre	1.	1,143	1,153	0,238	0,242	—	—	30	32	14,8	15	11	10
»	18.	1,142	1,150	0,234	0,242	—	—	30	30	14,2	14,6	11	10
Octobre	4.	1,129	1,145	0,249	0,249	—	—	31	30	15	14,9	9	8
»	21.	1,153	1,144	0,253	0,259	—	—	30	30	14,6	15	9	10

Vache C. A l'étable.

1859.		Matière non volatile.		Graisse.		Eléments minéraux.		Lactoscope.		Pèse-lait.		Crémomètre.	
		Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.	Lait du matin.	Lait du soir.
Janvier	28.	1,118	1,140	0,203	0,229	0,079	0,076	—	—	—	—	—	—
Février	12.	1,159	1,145	0,231	0,240	0,078	0,080	—	—	—	—	—	—
»	20.	1,043	1,100	0,203	0,208	0,081	0,076	—	—	—	—	—	—
Mars	10.	1,093	1,118	0,201	0,239	0,076	0,071	—	—	—	—	—	—
»	24.	1,142	1,153	0,240	0,292	0,072	0,073	—	—	—	—	—	—
Avril	8.	1,203	1,208	0,318	0,382	0,071	0,070	—	—	—	—	—	—
»	30.	1,295	1,279	0,382	0,389	0,071	0,070	24	21	15,2	15,4	13	12
Au pâturage.													
Mai	12.	1,196	1,193	0,379	0,385	0,069	0,071	24	24	15,6	15,1	10	11
»	24.	1,183	—	0,348	—	0,072	—	21	—	15	—	10	—
Juin	8.	—	1,193	—	0,344	—	0,070	—	27	—	14,9	—	9
»	20.	1,184	1,191	0,302	0,299	—	—	26	26	15,1	14,9	10	9
Juillet	2.	1,185	1,179	0,276	0,288	—	—	29	27	15	15,2	9	9
»	20.	1,178	1,183	0,299	0,299	—	—	26	29	15	15,4	8	11
Août	15.	1,221	1,260	0,293	0,329	—	—	29	27	14,9	15	8	10
Septembre	1.	1,271	1,279	0,359	0,368	—	—	26	27	15,1	15	10	8
»	18.	1,296	1,279	0,390	0,402	—	—	24	24	14,9	14,9	11	12
Octobre	4.	1,269	1,259	0,382	0,411	—	—	26	24	15,1	14,6	10	12
»	21.	1,244	1,270	0,390	0,410	—	—	24	23	14,8	14,6	13	13
Vache D. A l'étable.													
Mars	24.	1,246	1,270	0,294	0,348	0,071	0,070	—	—	—	—	-	—
Avril	8.	1,235	1,268	0,380	0,389	0,071	0,070	—	—	—	—	—	—
»	30.	1,205	1,245	0,381	0,405	0,071	0,070	38	31	15	15,7	—	6
Au pâturage.													
Mai	12.	1,198	1,195	0,399	0,419	0,071	0,069	26	24	14,9	14,6	8	10
»	24.	1,238	1,202	0,408	0,378	0,069	0,071	24	27	14,2	14,7	8	7
Juin	8.	1,175	1,168	0,343	0,318	0,071	0,070	30	31	15	14,9	8	6
»	20.	1,140	1,128	0,242	0,289	—	—	31	34	14,9	14,6	10	6
Juillet	2.	1,106	1,162	0,316	0,321	—	—	24	30	14,9	14,6	11	11
»	20.	1,160	1,168	0,403	0,400	—	—	30	30	15	14,1	13	15
Août	15.	1,141	1,175	0,340	0,418	—	—	32	29	15	14,6	9	11
Septembre	1.	1,191	1,200	0,469	0,465	—	—	23	24	15	14,6	11	10
»	18.	1,172	1,185	0,395	0,365	—	—	28	30	15,1	14,9	9	11
Octobre	4.	1,249	1,260	0,417	0,444	—	—	29	24	14,6	15,1	9	13
»	21.	1,260	1,250	0,415	0,399	—	—	26	24	14,9	15	11	10
Vache E. A l'étable.													
Avril	30.	1,119	1,161	0,215	0,242	0,069	0,070	34	34	15	15	7	6
Au pâturage.													
Mai	12.	1,178	1,172	0,295	0,290	0,069	0,070	30	29	15	15	8	10
»	24.	1,216	1,235	0,315	0,320	0,068	0,070	27	30	15	14,9	11	11
Juin	8.	1,248	1,257	0,299	0,313	0,070	0,070	34	30	15,1	14,9	6	7
Vache F. Au pâturage.													
Juin	20.	1,018	1,048	0,210	0,208	—	—	38	37	14	14,5	4	5
Juillet	2.	1,023	1,078	0,210	0,212	—	—	37	32	14,5	14,7	5	8
»	20.	1,012	1,035	0,203	0,213	—	—	31	37	14,2	15	7	5
Août	15.	1,072	1,069	0,260	0,253	—	—	36	33	15	15	9	10
Septembre	1.	1,029	1,030	0,240	0,260	—	—	34	31	15	15	9	9
»	18.	1,042	1,071	0,203	0,217	—	—	32	34	14,6	14,9	6	6
Octobre	4.	1,039	1,072	0,229	0,244	—	—	37	36	15	15	6	10
»	21.	1,105	1,125	0,298	0,240	—	—	30	30	14,9	15	9	9

SUR LA

NATURE DES LIQUIDES RENFERMÉS DANS CERTAINS MINÉRAUX,

PAR

H. VOGELSANG et H. GEISSLER.

En l'année 1822 Davy publia quelques recherches sur les liquides renfermés dans certains minéraux [1]), et quatre années plus tard parut l'important Mémoire de Brewster [2]), dont le remarquable talent d'observation sut rassembler une riche collection de faits relatifs à ce sujet. En donnant un extrait de ce Mémoire, M. Poggendorff y ajouta non-seulement les résultats les plus importants des travaux de Davy, mais aussi différentes observations intéressantes qui lui étaient propres, ainsi que des remarques critiques [3]). A une époque plus récente, M. Simmler, s'appuyant sur les observations de Brewster, émit l'idée que dans certains cas le liquide contenu dans les minéraux pourrait être regardé comme de l'acide carbonique liquide, vu que les caractères physiques constatés par Brewster s'accordent le plus avec ceux de ce corps remarquable [4]). Disons tout de suite que cette présomption de M. Simmler se trouve pleinement confirmée par les résultats des recherches analytiques que nous allons faire connaître.

Après que l'étude microscopique des roches eut montré que la présence de semblables liquides dans les substances minérales est un phénomène généralement répandu, surtout dans le quartz des

---

[1]) *Phil. Trans.*, 1822, t. II. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXI, p. 132.

[2]) *Transact of the Roy. Soc. of Edinb.* t. X, p. 1. Depuis, Brewster est encore revenu plusieurs fois sur ce sujet. V. *Phil. Mag.*, 1853, t. V.

[3]) Poggendorff's *Annal.*, t. VII, 1826, p. 469 et 489.

[4]) Poggendorff's *Annal.*, t. CV, 1858, p. 460.

roches cristallines anciennes, leur détermination matérielle avait pris une importance nouvelle; et si l'on ne pouvait espérer, sauf dans quelques cas spéciaux, d'arriver à reconnaître directement la nature chimique des liquides, il était à croire que l'étude des phénomènes physiques correspondants permettrait pourtant, dans beaucoup d'autres circonstances, des inductions plus ou moins assurées. En ce qui concerne les caractères physiques des liquides en question, les principaux ont déjà été signalés par les recherches de Brewster. Cet éminent physicien a notamment fait voir qu'il y avait à distinguer deux liquides d'espèce différente, qu'il trouva réunis mais non mélangés dans les cavités de la topaze du Brésil, et dont l'un s'éloigne de la plupart des liquides ordinaires par son excessive dilatabilité et son faible indice de réfraction, tandis que l'autre se rapproche de l'eau ou des solutions aqueuses par la manière dont il se comporte sous l'influence de la lumière et de la chaleur. La dilatation du liquide expansible est évaluée par Brewster à environ un quart du volume, entre 10 et 26°,7 C.; pour l'indice de réfraction de ce même liquide il donne le nombre 1,1311, tandis que celui de l'autre liquide, analogue à l'eau, serait représenté par 1,2946 (indice de l'eau = 1,3358). Au sujet de ces nombres, il convient d'observer que la détermination de la forme et de la capacité des cavités dont il s'agit est, au moins en général, très difficile et très incertaine, et que les valeurs trouvées ne s'appliquent immédiatement qu'aux liquides particuliers étudiés, c'est-à-dire à ceux que contient la topaze du Brésil ou de la Nouvelle-Hollande. Mais quant à la distinction d'un liquide très expansible et d'un autre peu ou point dilatable, elle a une signification générale, comme il est facile de le constater par l'examen microscopique, en voyant la bulle mobile, emprisonnée dans ces cavités, tantôt devenir plus petite et disparaître par la chaleur, tantôt demeurer à peu près invariable. Nous communiquerons plus loin quelques observations sur ce point et, en particulier, sur la présence de deux liquides dans une seule et même cavité; pour le moment, nous allons décrire d'abord la méthode à l'aide de laquelle la nature chimi-

que des liquides a été déterminée dans quelques cas spéciaux.

Cette méthode a consisté dans l'emploi de l'analyse spectrale; la fig. 1, pl. IV, fera comprendre aisément la marche de l'expérience. La substance à examiner était placée dans un vaisseau solide, en forme de cornue *k*, dont le col était rodé hermétiquement dans un tube latéral du tube spectral S. A sa partie supérieure, ce dernier portait un second tube latéral, en communication hermétique avec la pompe pneumatique à mercure de Geissler, L. On faisait agir la pompe, tout en chauffant légèrement, et lorsque les tubes étaient vidés et desséchés au point qu'il ne passait presque plus de courant en S, le minéral en *k* était chauffé plus fortement, jusqu'à décrépitation, après quoi, le circuit électrique étant fermé, le rétablissement de la communication se manifestait dans le tube spectral par une ligne lumineuse intense. Celle-ci était alors examinée de la manière ordinaire au moyen du spectroscope.

Au point de vue de l'étude des propriétés physiques des liquides en question, nous devons aussi faire connaître l'appareil qui nous servit pour l'observation microscopique de l'influence des changements de température. Pour produire ces changements, nous avons eu recours à un fil de platine chauffé par un courant galvanique; ce fil passait et repassait plusieurs fois sur le réservoir annulaire d'un thermomètre à mercure, de manière à former une espèce de support grillé sur lequel se plaçait l'objet microscopique. La disposition de cet appareil de chauffage galvanique pour objets microscopiques est représentée fig. 2, pl. IV. Au réservoir du thermomètre sont soudés de chaque côté trois petits boutons en verre destinés à maintenir le fil de platine. Ce dernier est soudé en *b* à deux fils de cuivre plus épais, qui conduisent aux bornes E où aboutissent les électrodes. Ceux-ci, de même que le thermomètre, sont placés au côté droit de la table, où ils gênent le moins pendant l'observation [1]). L'anneau du thermomètre, avec sa

[1]) Lorsqu'il s'agit, à un moment donné de l'observation, de déterminer la température d'une manière exacte, il vaut mieux faire effectuer la lecture du thermomètre par un autre, vu que l'accomodation de l'œil exige toujours un certain temps.

grille, est posé directement au-dessus du diaphragme de la plate-forme à vis, dont la plaque de cuivre est encore recouverte d'une plaque d'ébonite, pour obtenir un isolement plus parfait. Deux traverses S servent de supports latéraux aux objets; leur hauteur doit atteindre exactement le niveau supérieur de la grille de fil. Lorsque, pendant l'échauffement, celle-ci se soulève un peu avec l'objet, les traverses préviennent au moins tout glissement. La graduation du thermomètre peut être modifiée suivant les besoins: pour notre objet, il s'agissait plutôt de faire varier la température entre des limites écartées que de la fixer exactement. Par l'introduction d'un rhéostat convenablement choisi, on peut toutefois régler la rapidité des changements de température et maintenir d'une manière presque invariable un degré de chaleur quelconque. Le fil de platine qui dans notre appareil a servi à former la grille est épais de 0,38 mm. et a une longueur totale de 18 centimètres. Avec deux éléments de Bunsen, la colonne mercurielle se laissait chasser jusqu'à 200° C., limite de notre thermomètre; mais au-dessus de 150° il n'est plus possible d'observer avec des objets préparés de la manière habituelle, parce que, à cette température, le baume de Canada, même quand il est vieux et durci, commence à bouillir. Du reste, dans la plupart des cas, et notamment aussi dans les recherches physiologiques, on n'a besoin que de températures beaucoup plus basses. Pour ce qui regarde la relation existant entre la température réelle des objets et la hauteur observée de la colonne mercurielle, on trouvera quelques indications à ce sujet dans la description des détails de nos expériences [1]).

---

1. Cristal de roche de provenance inconnue, renfermant de l'acide carbonique liquide.

L'échantillon se trouvait, sans étiquette particulière, dans une vieille collection qui se composait principalement de minéraux de

[1]) Cet appareil de chauffage, construit d'après les indications de M. Vogelsang, peut être obtenu en s'adressant à M. Geissler.

Ceylan et de Madagascar; on sait que de cette dernière île il nous est arrivé souvent des quartz emprisonnant des liquides. La forme cristalline était détruite, l'échantillon ayant été taillé en parallélépipède, probablement afin de mieux laisser reconnaître les cavités à liquide, qui, groupées en couches, se voyaient déjà distinctement à l'aide d'une loupe ordinaire. Les plus grandes de ces cavités mesuraient dans certaines directions 0,2 mm., mais le plupart étaient beaucoup plus petites, entre 0,01 et 0,03 mm., et un grand nombre descendaient encore bien au-dessous de cette dimension. Parfois les cavités se présentaient comme des formes cristallines négatives, savoir sous la forme du dihexaèdre principal ou d'un rhomboèdre en combinaison avec un prisme; mais le plus souvent les formes étaient oblitérées, arrondies et indistinctes. Les cavités de petite dimension étaient limitées le plus régulièrement, et souvent disposées, en grand nombre, sous forme de couches, qui toutefois ne restaient pas planes et régulières; les grandes cavités étaient ordinairement irrégulières et dispersées, parfois aussi elles avaient pris une extension beaucoup plus considérable suivant une direction, de manière à affecter des formes plates ou allongées et tubuleuses: fig. 3, pl. IV. Dans toutes on voyait, outre le liquide, une bulle arrondie, dont la grandeur par rapport au volume total variait avec la température. A 20° C. elle occupait environ le tiers de la capacité; à moins de changements de température, elle ne manifestait du reste aucun mouvement. Ordinairement on voyait un large bord obscur aussi bien à la limite intérieure de la cavité qu'autour de la bulle, d'où l'on pouvait conclure que le liquide n'était doué que d'un faible pouvoir réfractif; l'appréciation exacte de ce pouvoir est toutefois tellement dépendante de la connaissance précise de la forme et de la position des cavités, qu'il n'était guère possible de l'entreprendre avec les matériaux dont nous disposions. Par contre, les phénomènes étaient très propres à mettre en pleine évidence la diversité de l'effet réfringent suivant la forme et la position des cavités; car, bien que toutes montrassent la plus grande analogie sous les autres rapports physiques, les cavités dihexaédriques paraissaient, surtout dans certaines positions relativement à la source

de lumière, presque complétement obscures, tandis que les cavités plates étaient tout à fait claires et à bords étroits, bien tranchés.

Le liquide, qui d'après l'analyse spectrale était de l'acide carbonique, jouissait d'une autre propriété remarquable. On reconnut en effet qu'il ne remplissait jamais en entier, à la température ordinaire, les plus petits espaces capillaires des cavités; en d'autres termes, qu'il ne mouillait pas le quartz, mais se limitait toujours extérieurement sous forme sphéroïdale. Le liquide se comportait donc à l'égard du quartz comme le mercure à l'égard du verre. Plusieurs des cavités montraient une conformation singulière: à l'un de leurs angles, elles étaient étirées en un prolongement tubuleux excessivement fin (fig. 3, pl. III), qui ne contenait pas de liquide. La bulle, d'ailleurs, ne manquait pas non plus, et ce n'est que lorsqu'elle s'était condensée par l'échauffement, que le liquide commençait à pénétrer dans le tube capillaire, en affectant une terminaison en ménisque convexe. La communication en forme de canal, qui d'après la figure semble exister entre deux cavités, est du reste purement apparente: la cavité inférieure est close au sommet et la supérieure seule communique avec le tube. Fréquemment, les angles des cavités sont comme arrondis par le liquide et ne se remplissent complétement que lorsqu'on vient à chauffer; mais on doit faire observer que plusieurs de ces prolongements capillaires, réels ou apparents, ne se remplissent pas, même quand on chauffe. Nous reviendrons plus en détail sur ces phénomènes en exposant la suite de nos recherches.

L'analyse spectrale du liquide fut exécutée de la manière qui a été décrite plus haut. Le minéral décrépita à une chaleur modérée; le spectre était celui de l'acide carbonique pur, avec une indication tout au plus de la ligne rouge de l'hydrogène, due probablement à une dernière trace d'humidité hygroscopique, qui ne se dissipe que lorsqu'on chauffe plus fortement. Pour confirmer ce résultat on fit éclater une plus grande quantité de quartz, en opérant dans un tube d'essai, à l'abri du contact de l'air extérieur; le tube ayant ensuite été ouvert sous l'eau de chaux, on put observer dans celle-ci un trouble bien manifeste.

Il reste à mentionner certaines expériences que nous avons faites sur ce minéral, moins dans le but d'obtenir des données exactes sur la dilatation du liquide par la chaleur, qu'à l'effet de pouvoir contrôler et juger, à l'aide des phénomènes particuliers que présente cette expansion, la valeur de notre appareil de chauffage galvanique. Les résultats de nos expériences ne sont d'ailleurs pas sans intérêt non plus pour l'appréciation, en général, des recherches microscopiques exécutées à des températures élevées artificiellement [1]).

On a d'abord constaté pour ce minéral les faits suivants:

1°. Le rapport du volume du liquide à celui de la bulle gazeuse, pour une même température et pour les mêmes appareils d'observation, est à peu près le même dans les différentes cavités. Cela résulte de ce que, dans les conditions spécifiées et la température changeant très lentement, nous avons vu, dans toutes les cavités que l'œil pouvait embrasser simultanément, les dernières traces de la bulle se condenser aussi à peu près simultanément et toujours au même point de l'échelle thermométrique. Nous faisons abstraction ici des tubes capillaires déliés dont il a été question plus haut, et qui se remplirent plus lentement; mais, même en n'en tenant pas compte, on pouvait encore observer de légères inégalités, s'expliquant aussi par les phénomènes particuliers d'adhésion. Ces inégalités ne s'élevaient pas, toutefois, à plus d'un degré du thermomètre, c'est-à-dire que telle était à peu près la différence entre la température à laquelle disparaissait la première bulle et celle à laquelle s'évanouissait la dernière. 2°. Sous la réserve des restrictions qui viennent d'être faites, la température à laquelle le dernier vestige de la bulle se condensait était aussi la température à laquelle, durant le refroidissement, la bulle devenait de nouveau perceptible dans la même cavité.

Pour une seule et même méthode d'observation les phénomènes

[1]) Nous avons été conduits à entreprendre les recherches qui suivent par les observations analogues de M. Engelmann (Voy. M. Schultze, *Archiv. für mikrosk. Anatomie*, t. IV, p. 334). M. Engelmann se sert comme moyen de contrôle du point de fusion de la stéarine, et arrive ainsi à des résultats tout semblables aux nôtres.

étaient donc toujours à peu près identiques, et l'on avait ainsi, dans la disparition et la réapparition de la bulle d'air, un point de départ fixe pour comparer les différentes méthodes d'observations, et surtout pour tâcher de déduire des températures apparentes marquées par le thermomètre le degré de chaleur réel de l'objet microscopique.

Les objets préparés pour l'observation avaient une épaisseur totale d'environ 2 mm., dont 1,5 mm. pour le porte-objet, et 0,3 à 0,5 mm. pour l'objet et le verre qui le recouvrait. Le thermomètre étant chauffé au moyen de l'appareil galvanique, la température s'élevant très lentement, et le microscope de Hartnack portant l'objectif N°. 4 d'environ 3 mm. de distance focale, l'instrument marquait 32° C. au moment où la bulle disparaissait complétement; le même degré était atteint au moment où, pendant le refroidissement, la bulle se constituait de nouveau. Lorsqu'on employait l'objectif N°. 7, qui n'était éloigné tout au plus que de 0,3 mm. de la surface supérieure de l'objet préparé, le thermomètre marquait 34° C. au moment indiqué; enfin quand on faisait usage du N°. 9, dont la monture métallique large et plate s'approchait à 0,1 mm. de l'objet, la dernière bulle ne disparaissait que vers 41 ou 42° C. L'influence réfrigérante du rapprochement de la masse métallique du microscope correspondait par conséquent à une augmentation de 2 à 10° C. dans les indications du thermomètre. La température moyenne de la chambre et de l'instrument était, pendant ces expériences, de 20° C.

L'objet préparé fut maintenant placé dans une cuvette de verre légèrement échauffée, puis recouvert d'une couche de glycérine portée préalablement à une température d'environ 60° C. A cette température les bulles, naturellement, n'existaient plus; on attendait le moment de leur retour, pendant qu'un thermomètre sensibles indiquait la température du liquide. Malheureusement celui-ci ne pouvait être agité, ce qui eût troublé les observations microscopiques. La glycérine s'élevait ordinairement de 4 à 5 mm. audessus de l'objet préparé, et la cuvette contenait en tout 6 à 8 centimètres cubes de ce liquide. En employant l'objectif N°. 4 et l'oculaire N°. 3, la distance focale étant la plus favorable possi-

ble, l'objectif restait encore un peu au-dessus de la surface liquide, de sorte qu'il n'y avait pas de contact. Le thermomètre marquait alors 31,5 à 32° C. à l'instant on la bulle se montrait de nouveau. Si avec le même objectif on combinait l'oculaire 4, ce qui diminuait la distance focale, la lentille inférieure plongeait légèrement dans le liquide. Le thermomètre, dans ce cas, indiquait 34,5 à 36° C. au moment de l'observation. Venait-on toutefois à faire usage du système N°. 7, la colonne mercurielle était à peine descendue jusqu'à 45° C. que déjà la bulle d'air reparaissait. Comme en réalité, dans toutes ces expériences, la température de l'objet devait être à très peu près la même, on voit que la différence des méthodes d'observation avait donné lieu à une différence apparente de température de plus de 13° C., et cela sans qu'on eût fait usage d'objectifs extrêmement puissants. L'expérience suivante prouva d'ailleurs que cette divergence des résultats était bien réellement due en entier au changement des objectifs. L'objet fut recouvert de glycérine chaude, et on attendit le retour de la bulle avec l'objectif N°. 7. Aussitôt que, vers 45°, la bulle fut devenue visible, on enleva le N°. 7 et on le remplaça par le N°. 4. Pendant cette manœuvre le thermomètre avait continué à baisser, mais au point d'observation la température s'était élevée par suite du mélange du liquide. Aussi la bulle avait-elle disparu, et ce ne fut qu'à la température plus basse, 32 à 34°, qui correspondait au grossissement plus faible, qu'elle se montra de nouveau.

Parmi les déterminations de la seconde série, celle qui se rapproche le plus de la température réelle de l'objet est incontestablement celle où l'objectif resta en dehors du liquide. On voit que cette détermination concorde à peu près avec celle que fournit l'appareil de chauffage galvanique lorsqu'on employa également l'objectif N°. 4. En tout cas, l'erreur d'observation qui peut résulter, dans les deux méthodes, de l'imperfection de l'appareil de chauffage lui-même, est beaucoup moindre que celle qui peut provenir du choix des systèmes d'objectifs et de la proximité plus ou moins grande de la masse réfrigérante de l'appareil microscopique. Il reste d'ailleurs toujours, dans la différence de température du local d'observation et dans l'échauffement progressif du mi-

croscope, d'autres sources d'erreurs, plus difficiles à éliminer, mais aussi d'une importance beaucoup plus faible. Nous ferons remarquer à ce sujet que les déterminations précédentes se rapportent, comme il a été dit, à une température de chambre de 20° C., et que les nombres obtenus, pour les observations avec l'appareil de chauffage galvanique, doivent être augmentés d'environ 1° C. lorsque la température de la chambre et du microscope reste entre 12 et 15° C.

Toutes les données de température dont il sera question dans la suite devront être jugées d'après les résultats que nous venons de faire connaître. Nous les réduirons toujours au cas le plus favorable, c'est-à-dire à l'observation avec le système N°. 4, même lorsqu'elles auront été obtenues avec d'autres systèmes, d'une distance focale plus petite.

Pour ce qui regarde maintenant la dilatation du liquide par la chaleur, nous avons constaté qu'à 22° C. le volume du liquide était à celui de la bulle gazeuse environ comme 2 : 1 ; par l'échauffement de 22 à 32° C., le premier s'est donc dilaté, au moins en apparence, de la moitié de son volume. Mais, en mesurant ainsi la dilatation, on ne tient pas compte de la condensation du liquide et on n'a pas égard non plus au changement de volume du minéral qui l'emprisonne. En outre, il n'est guère possible de déterminer bien exactement le volume de ces masses microscopiques.

Toutes ces circonstances peuvent expliquer pourquoi les phénomènes d'expansion observés ne s'accordent pas tout à fait avec les résultats auxquels a conduit l'étude directe de l'acide carbonique liquide.

Il n'a plus été exécuté, malheureusement, de recherches exactes sur ce corps intéressant, depuis le travail de Thilorier, qui avait fait époque dans la science. Thilorier a trouvé [1]) que l'acide carbonique liquide, de 0° jusqu'à 30° C., se dilate de la moitié de son volume, mais dans ses expériences il a tenu compte, sans aucun doute, de la condensation. Si l'on calcule, d'après ses indications, le volume qu'une certaine quantité d'acide carbonique

[1]) *Ann. de Chim. et de Phys*, t.



liquide occupe à 20° C., le volume à 30° C. dans le même espace fermé étant pris = 1, on trouve approximativement la valeur $\frac{2}{3}$. La force élastique de la vapeur qui surmonte le liquide s'élève, d'après Thilorier, entre 0° et 30° C., de 36 à 73 atmosphères, ce qui fait environ une atmosphère pour chaque degré centésimal.

Si l'on admet que la tension du liquide dans la cavité remplie correspondait à l'état de pression du milieu ambiant, au moment de la formation du minéral, on devra conclure, d'après les données précédentes, que notre quartz s'est déposé sous une pression de 75 atmosphères.

---

2. Topaze du Brésil renfermant de l'acide carbonique liquide.

Ce sont, comme on sait, les topazes limpides, dites gouttes d'eau (*pingos d'agoa*), de Rio belmonte, dans lesquelles Brewster a signalé pour la première fois les cavités à liquide. Son assertion, qu'il serait difficile d'examiner un de ces galets sans y trouver des cavités de cette espèce, ne peut être taxée de beaucoup d'exagération. M. le Dr. Krantz, de Bonn, avait eu la bonté de mettre à notre disposition, pour nos recherches, toute sa collection de cette variété de topaze. Elle se composait de plusieurs centaines de galets ayant en moyenne un centimètre de diamètre, parmi lesquels il s'en trouva environ 30 à 40 qui se distinguaient par l'abondance des cavités à liquide. En plaçant les galets, dont la surface est mate et usée par le frottement, dans l'eau, il est très facile de découvrir à la loupe les échantillons riches en pores; ce sont ordinairement ceux qui se font déjà remarquer par leur coloration, par une teinte de vert jaunâtre ou de bleu.

Dans ce mineral aussi, les cavités sont le plus souvent disposées suivant des plans irréguliers, et non limitées cristallographiquement. On en trouve pourtant quelques-unes qui représentent, sous forme négative, des tables rhomboïdales ou des octaèdres oblitérés. Pour ce qui concerne la grandeur, elle est en général très diverse. Brewster a eu à sa disposition des topazes qui renfermaient des cavités larges de plusieurs millimètres; dans les échantillons que nous avons étudiés, les plus grandes mesuraient

environ 0,4 à 0,5 mm. dans une direction. La détermination exacte de la forme et de la grandeur est toutefois influencée par des circonstances dont nous parlerons tout à l'heure. Il est à remarquer qu'ordinairement les cavités d'un seul et même plan se ressemblent jusqu'à un certain point par la forme et la grandeur.

La question la plus importante qui se rattache à l'étude de ces cavités, est celle de savoir si elles renferment un seul liquide ou deux liquides différents. On peut rappeler d'abord que, d'après les recherches de Thilorier, l'acide carbonique liquide serait complètement (?) insoluble dans l'eau; ces deux liquides forment en tout cas, lorsqu'ils sont contenus dans le même vase, deux couches nettement séparées. Brewster, qui du reste avait aussi conservé pendant quelque temps des doutes sur la nature simple ou double du liquide emprisonné dans la topaze, est arrivé par certains phénomènes à la conviction qu'il existait réellement deux liquides dans ses échantillons cristallins. Nous n'avons aucune raison pour révoquer en doute les résultats obtenus par un observateur si éminent: mais, pour les échantillons de topaze du Brésil que nous avons examinés, nous ne pouvons pas partager sans réserve la conviction énoncée, bien qu'un grand nombre de leurs cavités aient exactement la même apparence qui si elles renfermaient effectivement deux liquides différents.

La figure 4, pl. IV, peut donner une idée de l'aspect général de ces cavités. La bulle intérieure, variable, est située au milieu d'un liquide à contours toujours sphéroïdaux, et qui, en vertu de sa faible réfringence, paraît souvent tout à fait obscur. Autour de ce liquide s'étend une troisième zone, qui d'ordinaire est limitée extérieurement par des lignes dendritiques très fines. Ce serait donc cette troisième zone qui devrait contenir le second liquide. Si celui-ci n'est, comme l'eau, pas sensiblement compressible, et si une température plus élevée ne change rien aux conditions de solubilité, on peut chauffer sans qu'il y ait à attendre, après la condensation de la bulle intérieure, aucun changement dans les contours. La circonstance qu'un pareil changement n'a, en général, pas été observé, ne peut donc être invoquée comme

un argument contre l'existence de deux liquides. Mais on pourrait bien produire comme tel le fait que parfois le liquide intérieur, expansible, pénètre, lorsqu'on chauffe, dans certaines parties de la zone extérieure. En outre, les zones extérieures de plusieurs cavités sont fréquemment en communication l'une avec l'autre (fig. 4, pl. IV), sans qu'il s'opère le moindre mélange entre les liquides, même quand on élève la température. Lorsqu'une de ces zones est placée perpendiculairement à l'axe de l'instrument, elle apparaît comme un simple plan de séparation ou une fissure excessivement étroite. Enfin, et c'est là sans doute la preuve la plus forte, les cavités qui se trouvent coupées par les plans suivant lesquels l'échantillon microscopique a été taillé, n'en montrent pas moins cette zone extérieure, irrégulièrement limitée (*a* fig. 4, pl. III), de sorte que celle-ci peut être considérée comme appartenant à la topaze solide elle-même. Le résultat de l'analyse spectrale parle aussi en faveur de cette manière de voir, et quant au contour sphéroïdal du liquide intérieur, nous avons déjà appris à connaître, à l'occasion du minéral précédent, la propriété particulière de l'acide carbonique qui peut servir à expliquer cette configuration. Par ces divers motifs, il semble qu'on doive regarder la zone extérieure des cavités, au moins dans la plupart des cas, comme un phénomène spécial de fissuration, comme un dérangement survenu dans la densité de la topaze au voisinage des cavités, dérangement qui est peut-être en connexion causale avec la nature expansible du liquide et avec un changement répété des conditions physiques auxquelles le minéral a été soumis dans son gisement. Il faut toutefois rappeler de nouveau que dans beaucoup de cavités l'aspect extérieur plaide entièrement en faveur de la présence de deux liquides, et que d'autres observations donnent lieu de supposer qu'il peut y avoir des diversités sous ce rapport, de sorte que, non-seulement dans les échantillons d'un minéral provenant du même gisement, mais encore dans un même objet microscopique, il pourrait se trouver des cavités avec deux fluides et d'autres qui seraient remplies, en tout ou en partie, d'un fluide unique.

La bulle gazeuse occupait, à 15°, un espace à peu près égal à celui du liquide qui l'entourait; entre 30 et 31° C. la bulle était totalement condensée, et à cette même température elle se reconstituait pendant le refroidissement. Lorsque l'abaissement de température marchait rapidement, un grand nombre de petites bulles se suivaient souvent de près, ce qui donnait lieu à une véritable ébullition du liquide.

Le résultat de l'analyse spectrale fut exactement le même que pour le cristal de roche dont nous avons parlé en premier lieu: de l'acide carbonique, avec une indication très légère du spectre de l'hydrogène. Une chaleur modérée suffisait pour faire décrépiter les fragments en lamelles micacées, suivant la direction du clivage principal du minéral.

---

3. Cristal de roche de la vallée de Madéran, renfermant de l'eau et de l'acide carbonique.

Le cristal de roche de la vallée de Madéran se trouve, comme on sait, en association remarquable avec les tables de spath calcaire bien connues de tous les minéralogistes à cause de leurs caractères cristallographiques. Le cas le plus ordinaire est que le quartz aboutit au spath, de sorte que ses prismes portent en apparence une face terminale plus ou moins oblique, sur laquelle se voit l'impression des stries hexagonales des tables de spath calcaire. Souvent aussi de minces plaques de spath traversent de cette manière le cristal de roche, sans que la forme de l'un ou de l'autre des deux minéraux s'en trouve influencée. Dans d'autres cas toutefois, lorsqu'une table de spath a rencontré un cristal de quartz de telle façon que sa plus grande dimension était à peu près parallèle à une des faces du prisme, lorsque, par conséquent, les axes principaux des deux individus faisaient ensemble un angle d'environ 90°, le quartz a pris pour ainsi dire le dessus et a tout à fait enveloppé la plaque, comme une masse plastique, de sorte que ses faces se montrent courbées et déformées.

Un de ces cristaux, presque gros comme le poing, et qui renfermait dans sa partie supérieure une plaque de spath calcaire,

montrait vers le bas, où il était, à part cela, parfaitement pur et limpide, plusieurs zones légèrement troubles, qui, d'après l'examen microscopique, provenaient d'innombables cavités à liquide. La dimension de ces cavités était de nouveau très variable; les plus grandes, mesurées dans diverses directions, donnèrent 0,15 à 0,2 mm. Par leur disposition en zones planes, les cavités ressemblaient à celles dont il a déjà été question; mais la plupart présentaient des contours paraissant appartenir, comme le montre la figure 5, à des rhomboèdres ou des dihexaèdres oblitérés, dont les arêtes latérales auraient été courbées en dedans ou déchiquetées, de sorte que les formes avaient l'apparence d'étoiles irrégulières, à trois ou six rayons. Quant au liquide contenu dans ces cavités, on reconnaissait au premier abord qu'il était doué de caractères physiques différents de ceux que nous avons vus jusqu'ici. Il remplissait les cavités complétement, sans s'arrondir nulle part vers les angles. Ensuite, il possédait manifestement un pouvoir réfractif plus grand que l'acide carbonique des minéraux précédents. La bulle avait toujours une forme parfaitement sphérique; elle était entourée de toutes parts par le liquide, et occupait environ la huitiéme ou neuvième partie du volume total; ce rapport ne changeait pas d'une manière sensible quand la température variait. Dans les circonstances ordinaires, on observait rarement des mouvements dans la bulle; lorsque l'objet était chauffé, la bulle, il est vrai, se déplaçait ordinairement, elle marchait lentement d'un angle vers l'autre, mais il n'y avait pas trace d'autres mouvements, ni même de condensation. Les observations portèrent sur une différence de température de — 4° à + 110° C.

Pour l'essai spectro-analytique on n'employa naturellement que des fragments de quartz tout à fait purs, à l'intérieur ni à l'extérieur desquels on ne découvrait aucune parcelle de spath calcaire. Les fragments ayant été introduits dans la cornue, on chauffa légèrement, et on poussa le vide jusqu'à ce que le mercure dans la pompe pneumatique fit entendre le même bruit sec que dans un baromètre bien construit. On ne put toutefois obtenir le tube spectral entièrement purgé de gaz; le courant d'induction indiquait

toujours la présence de la vapeur d'eau. Pour contrôler l'appareil, on l'abandonna à lui-même pendant toute une nuit; le lendemain, le vide d'air était aussi parfait que la veille, mais le spectre de l'hydrogène continuait à se montrer; on pouvait aussi reconnaître distinctement de la vapeur d'eau aux électrodes. Les choses étant dans cet état, on chauffa, mais ce ne fut qu'à une forte chaleur qu'un certain nombre de fragments décrépitèrent, ce qui donna lieu à une condensation de vapeur d'eau dans la partie froide de la cornue. Le spectre n'était d'abord que celui de l'hydrogène, mais bientôt celui de l'acide carbonique se montra également et s'accusa de plus en plus à mesure que l'acide phosphorique absorba graduellement la vapeur d'eau dans l'appareil. Le contenu des cavités était donc essentiellement de l'eau et accessoirement de l'acide carbonique.

La difficulté ou l'impossibilité de purger l'appareil complétement de gaz, s'explique très simplement. Nous ne connaissons pas d'autre moyen de chasser les dernières traces d'eau hygroscopique, que l'application d'une chaleur modérée pendant qu'on fait agir la pompe. Or, par suite de cette application, il a aussi pu se dégager constamment une petite quantité de l'eau emprisonnée, soit qu'il existât déjà, dans certaines couches, des communications capillaires avec l'extérieur, soit que de pareilles communications aient pu se former à une température peu élevée et se soient ainsi renouvelées dans tout le cours de l'expérience.

Comme nous connaissons des cas où l'acide carbonique a été trouvé à l'état liquide dans les minéraux, et comme d'autres observations rendent probable aussi la coexistence occasionnelle de deux liquides dans la même cavité, nous devons admettre une double possibilité, savoir que les cavités de notre quartz contiennent, ou bien de l'eau chargée d'acide carbonique et une bulle gazeuse, ou bien de l'eau et de l'acide carbonique liquide, ce dernier occupant l'espace sphérique intérieur. Il paraît difficile de trouver dans les caractères physiques du contenu des cavités une preuve péremptoire en faveur de l'une ou de l'autre hypothèse. Toutefois, d'après la forme toujours parfaitement sphérique de la bulle, mise en rapport avec les phénomènes particuliers d'adhésion observés

dans les cas précédents, et d'après le fait que, malgré le grand nombre des cavités, il a fallu une chaleur beaucoup plus forte pour produire la décrépitation, nous regardons comme probable que la tension à l'intérieur des cavités n'égale pas la pression qui est nécessaire pour la condensation de l'acide carbonique, et que, par conséquent, ces cavités contiennent de l'eau chargée d'acide carbonique et de l'acide carbonique gazeux.

---

4. Améthyste de Schemnitz renfermant de l'eau et de l'acide carbonique.

Nous n'avons pas eu à notre disposition de très bons échantillons de ce minéral, qui est peut-être celui qui a fourni aux collections le plus grand nombre de cristaux avec cavités à fluide un peu grandes. Il faut remarquer d'ailleurs que les cristaux à grandes cavités ne sont pas les meilleurs pour l'étude que nous avons en vue, parce qu'il est nécessaire de diviser les fragments pour les introduire dans l'appareil et les y faire décrépiter, et que cette division entraîne facilement la destruction des cavités. Nous avons employé une couple de petits cristaux, dans lesquels on voyait à la loupe une grande quantité de petites cavités, mais sans pouvoir y distinguer avec certitude des bulles mobiles. Il fut facile d'opérer dans l'appareil un vide suffisant pour qu'il n'y eût plus de communication dans le tube spectral. Le minéral ne décrépita qu'après avoir été chauffé fortement; on observa de nouveau de l'eau condensée et ensuite de l'acide carbonique comme dans l'expérience précédente. — Un cristal plus grand, qui contenait une cavité de 4 mm. avec bulle mobile bien distincte, put être ehauffé jusqu'au delà de 100° C. sans que la bulle manifestât aucun changement. Il paraît donc que dans ces cristaux les matières emprisonnées se composent aussi d'eau et d'acide carbonique liquide; nous répétons toutefois qu'il est très possible qu'il y ait des différences sous ce rapport, surtout en ce qui concerne l'état de condensation.

---

5. Cristal de roche de Poretta près Bologne, renfermant de l'eau et de l'acide carbonique.

Les cristaux avec cavités à liquide provenant de cette localité se sont beaucoup répandus dans les collections depuis quelques années. Ceux que nous avons vus ne sont pas colorés, mais du reste entièrement semblables aux améthystes de Schemnitz; ils ont, entre autres, tout à fait le même aspect écailleux, ruiné, on pourrait dire disloqué, car il n'est pas improbable que la formation de ces matières lacuneuses doive s'expliquer par une croissance périodique et une dislocation répétée de la couche extérieure, par suite d'expansions intérieures. Un grand cristal, renfermant une cavité à liquide assez considérable, et que nous avions destiné à un essai, dut être réduit en fragments plus petits, et dans cette opération la cavité malheureusement éclata; au moment du choc, nous avons entendu distinctement une détonation, phénomène qui s'était déjà présenté à d'autres observateurs [1]). Nous avons alors consacré à l'analyse un cristal qui renfermait un grand nombre de cavités à liquide de petite dimension mais pourtant bien reconnaissables. L'évacuation de l'appareil fut facile, et le résultat le même que ci-dessus: beaucoup d'eau et peu d'acide carbonique. Il est probable que ce dernier se trouvait encore ici dans un état d'assez grande condensation. Le contenu des grandes cavités de ces cristaux ne subit de nouveau aucun changement par une chaleur de 100° C.

---

6. Quartz du granite de Johann-Georgenstadt en Saxe, renfermant de l'eau et de l'acide carbonique.

Les recherches dont il a été question jusqu'ici concernent des minéraux qui, bien que la plupart ne proviennent pas de gîtes en filons proprement dits, donnent pourtant lieu de penser, par leur manière d'être dans la nature, qu'ils pourraient bien devoir être considérés comme des produits indépendants, ayant une origine différente de celle des masses minérales qui les renferment. Or,

---

[1]) Voy. les observ. de M. Poggendorff: Poggend. *Annalen*, t. VII, 1826, p. 514.

comme il n'est pas impossible que les conditions physiques existant dans les crevasses et les fissures, et la nature des eaux qui y circulent soient, dans certains cas, entièrement anormales et essentiellement différentes des agents physico-chimiques auxquels doivent naissance les roches cristallines encaissantes, il s'ensuit que les résultats obtenus pour ces cas particuliers ne peuvent être étendus, sans observations analytiques concordantes, aux roches massives.

L'application de la méthode d'analyse spectrale, qui a été décrite précédemment, présente toutefois des difficultés sérieuses quand il s'agit des minéraux qui composent les roches cristallines; d'une part, en effet, les éléments constituants sont ordinairement très difficiles à isoler, surtout quand on ne veut pas pousser la division trop loin, et de l'autre, même dans les cas les plus favorables, les cavités sont beaucoup plus petites et contiennent beaucoup moins de liquide, de sorte que la chaleur ne provoque le plus souvent que peu ou point de décrépitation.

Nous avons choisi, comme paraissant le plus propre à nos expériences, le quartz du beau granite à gros grains de Johann-Georgenstadt en Saxe. Les caractères microscopiques de ce quartz seront décrits plus loin; pour l'essai analytique, il se recommandait spécialement parce qu'on pouvait l'isoler sans trop de peine et l'obtenir suffisamment pur. En outre, il montrait sous le miscroscope une grande quantité de cavités, mais où la présence d'un liquide ne pouvait être constatée avec certitude que pour un petit nombre d'entre elles. Ça et là il restait attaché aux petits fragments de quartz de faibles enduits d'orthose rougeâtre ou d'oligoclase blanc; mais ces minéraux n'avaient subi dans les échantillons utilisés aucune espèce d'altération: ils n'offraient pas trace d'effervescence dans l'acide chlorhydrique, de sorte que, même en quantité beaucoup plus grande, ils n'auraient pu compromettre sensiblement le résultat de l'expérience. Comme essai préliminaire, on chauffa quelques-uns de ces fragments dans un petit tube de verre; il ne se produisit qu'un très faible pétillement, qui pouvait être dû à de l'humidité hygroscopique. Dans l'essai principal, l'appareil ne put de nou-

veau être évacué complétement; le spectre de l'hydrogène continua à se montrer, bien que peu distinctement. Malgré l'application d'une forte chaleur, on n'obtint aucune décrépitation; néanmoins, dès que le courant fut fermé, le spectre de l'acide carbonique apparut très clairement à côté de celui de l'hydrogène. La proportion des deux liquides et leur état de condensation restent donc inconnus; tout ce qu'on peut regarder comme certain, c'est que dans les cavités de ce quartz granitique qui sont remplies de liquide, celui-ci consiste de nouveau en eau et en acide carbonique.

Avant de faire connaître encore quelques autres observations relatives à la nature des liquides contenus dans les minéraux, je crois devoir entrer dans quelques considérations générales sur ces matières étrangères et sur les difficultés que présente leur étude exacte.

Plus les particules microscopiques engagées dans les minéraux qui constituent les roches ont d'importance au point de vue des conclusions génétiques qu'on peut en tirer, plus il est nécessaire de procéder avec prudence et scrupule dans la détermination de leur nature. Parmi les matières minérales qu'on trouve emprisonnées dans les minéraux, il est un groupe qui se distingue nettement de tous les autres, celui des particules microscopiques dans lesquelles on remarque un ou plusieurs contours arrondis, ordinairement sphériques, que tous les observateurs s'accordent à attribuer à des bulles de gaz ou aussi à des espaces creux, vides de gaz, qui ont pris naissance par la contraction de la masse. Il est possible et même probable que parmi les autres particules étrangères, qui ne contiennent pas de ces bulles, il y en ait beaucoup dont la composition soit la même que celle des premières ou que celle d'une certaine partie de leur contenu; mais ce groupe spécial a une importance particulière, précisément parce que les bulles et leurs caractères physiques nous permettent de nous former une idée plus exacte de la nature des matières dont il s'agit. Parmi les questions qu'on peut se poser à ce sujet, les plus importantes sont peut-être celles-ci:

1°. La particule est-elle solide, liquide ou gazeuse, ou bien offre-t-elle la réunion de divers états d'agrégation?



2°. Si la substance est solide, est-elle cristalline ou amorphe?

3°. L'état liquide étant constaté, y a-t-il un seul ou plusieurs liquides, et quel est l'état d'agrégation des „bulles?"

Il va sans dire qu'il reste en outre à déterminer la nature chimique des particules; mais la solution de ce problème, en la supposant possible, exigera toujours la connaissance préalable des points indiqués en premier lieu. Or cette connaissance est loin d'être facile à acquérir dans tous les cas; et pourtant, il est d'autant plus nécessaire de ne se décider, autant que possible, que d'après des observations rigoureuses, qu'on peut regarder comme prouvé que dans un seul et même minéral des particules de nature très différente existent les unes à côté des autres. Il est d'ailleurs, à coup sûr, beaucoup plus utile de recueillir d'abord, dans toutes les directions, des faits nombreux et bien constatés, que de fonder des théories génétiques ambitieuses sur la base fragile d'observations n'ayant guère d'autre valeur que celle d'opinions subjectives.

Je vais récapituler brièvement les caractères les plus importants qui, d'après les recherches exécutées jusqu'ici, peuvent servir à résoudre les questions posées précédemment. Dans cette énumération, j'aurai spécialement en vue le groupe de particules étrangères tel qu'il a été limité plus haut; en outre, parmi les erreurs d'observation proprement dites, je me bornerai à signaler les principales, et, en général, je supposerai qu'on fasse usage d'objets microscopiques bien préparés et qu'on soit suffisamment exercé au maniement du microscope.

La nature *solide* des particules étrangères se reconnaît, d'une manière plus ou moins certaine, aux particularités suivantes.

1. A l'existence, dans une seule et même particule, de plusieurs bulles qui, en dépit des changements de température, ne se meuvent ni ne se réunissent. Ce cas s'observe très fréquemment dans les particules vitreuses disséminées dans les minéraux feldspathiques des roches volcaniques modernes. Les bulles sont ordinairement petites proportionellement aux dimensions de la particule, mais parfois elles sont en si grand nombre que cette dernière prend tout à fait un aspect poreux. Les particules contenues dans le quartz présentent rarement ce caractère. Des erreurs d'observation peuvent

être commises lorsque plusieurs particules, pourvues chacune d'une bulle, sont très rapprochées ou en contact l'une avec l'autre; le plus souvent toutefois il est facile de constater la nature réelle des faits à l'aide d'un fort grossissement.

2. Lorsque la bulle immobile, au lieu de se montrer à l'intérieur de la particule, en semble plutôt un appendice latéral. La forme sphérique de la bulle se manifeste alors plus ou moins par une saillie arrondie du contour de la particule. Ce phénomène est, en général, rare; c'est peut-être dans les particules vitreuses des leucites qu'on l'observe le plus fréquemment; parfois il arrive qu'à la place de la bulle on ne voit qu'une échancrure demi-circulaire du bord de la particule. Des particules cristallines (augitiques), montrant de ces bulles adhérentes ou les échancrures correspondantes, ne sont également pas rares dans certaines roches [1]).

3. Lorsqu'une particule solide a été rencontrée par la surface de taille et que par suite la bulle a été coupée, la cavité se remplit de baume du Canada, et ne produit plus l'effet particulier de réflexion d'une sphère creuse, mais se montre sous l'aspect d'un disque clair qui ne tranche pas très nettement sur la masse environnante. Ce signe caractéristique peut, entre autres, s'observer fréquemment dans les particules vitreuses dihexaédriques du quartz des porphyres et des rhyolithes, lesquelles renferment une bulle gazeuse relativement grande, mais toujours unique. La limite supérieure de l'objet microscopique peut toujours être constatée avec certitude.

4. A l'aide de la couleur, de la forme et des autres propriétés physiques on peut aussi, dans certains cas, acquérir la conviction de la nature solide des matières enveloppées. Cela a lieu surtout pour le type de roches qui se distingue naturellement par la présence d'une pâte non individualisée ou individualisée incomplétement; ici, l'analogie entre les matières enveloppées et la masse enveloppante fournit souvent un caractère décisif. En ce qui concerne la forme, il n'y a que la forme cristalline régulière, à condition qu'elle ne soit pas la même que celle du minéral extérieur, qui

[1]) Voy. Vogelsang, *Sur le labradorite coloré* (*Arch. Néerl. d. sc. ex. et nat.* t. III, p. 30).



peut servir à constater la nature solide des matières intérieures; dans ce cas toutefois, les bulles gazeuses manquent aussi le plus souvent. Dans les formes cristallines négatives, au contraire, il peut exister aussi bien des matières liquides que des matières solides. Les cristaux microscopiques (microlites) qu'on observe parfois à l'intérieur de la masse enveloppée, ne peuvent naturellement démontrer l'état solide que pour eux-mêmes, non pour ce qui les entoure.

Pour constater le caractère cristallin ou amorphe des particules étrangères, il y a à étudier, outre les formes extérieures, les propriétés optiques. Quant à la forme, il faut de nouveau distinguer des cristaux véritables les pseudomorphoses dont il a été question tout à l'heure; de plus, les matières étrangères cristallines, pouvant être à l'état de fragments ou de cristaux imparfaits, montrent souvent des contours très irréguliers [1]). Quant aux caractères optiques, ils ne fournissent pas non plus une distinction générale, à cause de la nature isotrope des formes régulières. Lorsqu'on place l'échantillon entre les nicols croisés, dans une position telle qu'un axe d'élasticité du minéral enveloppant coïncide avec l'axe de l'instrument, de sorte que la substance enveloppée, à moins que ses plans de vibration n'aient accidentellement la même position, montre sa couleur propre, il est souvent possible de constater le caractère biréfringent de cette substance. Quand la pâte du minéral est hyaline, le même procédé peut servir à reconnaître le caractère amorphe de la substance empâtée; mais, comme on voit, l'appareil de polarisation ne suffit pas pour décider, d'une manière tout à fait générale, de la nature cristalline ou amorphe (hyaline) des matières étrangères.

Pour les matières étrangères liquides, le changement de lieu ou de forme de la bulle est le seul caractère déterminant. On doit distinguer entre la mobilité et le mouvement de la bulle. La première diminue ordinairement quand la température s'élève, tandis qu'un simple mouvement peut fréquemment être le résultat de ce changement de température. Ces mouvements constituent à coup sûr un signe positif tout à fait caractéristique; mais les

[1]) Voy. *Arch. néerl.*, t. III, pl. IV.

recherches communiquées plus haut nous ont suffisamment appris que l'immobilité de la bulle ne peut nullement être regardée comme un argument décisif contre la présence d'un liquide. D'une manière générale, en effet, la mobilité de la bulle est une circonstance moins ordinaire que son repos. Nous trouverons plus loin encore quelques observations qui touchent à ce point; ici il faut rappeler seulement que lorsqu'il s'agit de constater des mouvements, on doit se tenir en garde contre les illusions subjectives, vu que le plus léger changement apporté involontairement à la distance focale, se traduit naturellement par un changement apparent du lieu ou de la forme de la bulle.

Des obstacles pratiques du même genre ajoutent aussi beaucoup aux difficultés qu'on trouve à résoudre la question s'il existe un ou plusieurs liquides dans une même cavité. Les doutes relatifs à ce point ont déjà été mentionnés dans la première partie de ce travail, et la manière de les éclaircir ne peut guère être exposée que sur des exemples particuliers.

Parmi les minéraux qui forment partie essentielle des roches, c'est tout spécialement le quartz des roches cristallines anciennes, surtout des granites et des gneiss, qui renferme des cavités à liquide. Dans le quartz des porphyres quartzeux anciens, elles sont peu abondantes, et dans beaucoup de cas leur existence comme produit originel me paraît douteuse, surtout parce que ces cavités manquent pour ainsi dire totalement dans le quartz des rhyolithes modernes, et que ces dernières roches, abstraction faite de simples transformations moléculaires, se présentent comme des produits entièrement homologues aux porphyres quartzeux anciens. Dans d'autres minéraux entrant dans la composition des roches, tels surtout que le feldspath, le leucite ou l'olivine, ce n'est jusqu'à présent que par exception qu'on a trouvé des liquides emprisonnés.

Relativement à la composition chimique des liquides, les recherches exécutées par M. Geissler et moi ont donné des résultats assez nets pour qu'on soit autorisé dorénavant à regarder les phénomènes remarquables d'expansion qu'on observe souvent comme une espèce de réactif caractérisque de l'acide carbonique liquide.

En effet, comme le remarque M. Simmler, tous les autres liquides naturels connus qui montrent des phénomènes analogues se décèleraient, même en quantité très minime, par la simple odeur. Le phénomène opposé, celui d'indifférence de la bulle, annonce en général que le liquide est de l'eau ou une solution aqueuse; il est vrai que l'état d'agrégation de la bulle elle-même reste problématique, vu qu'elle peut être due ou bien à un gaz, ou bien à un second liquide. Aussitôt que deux liquides dont la compressibilité est insensible remplissent la capacité en entier, il est clair que les changements de température ne donnent plus nécessairement lieu à des mouvements ou à des variations dans les volumes relatifs.

Nous ferons encore mieux apprécier la valeur plus ou moins grande des divers caractères énumérés, en citant quelques exemples, qui peuvent être regardés comme particulièrement instructifs sous le rapport de l'existence et des propriétés des éléments en question dans les roches granitiques. Dans le quartz des granites nous les trouvons souvent condensés par milliers dans un petit espace. Mais le plus souvent ils sont très petits et atteignent rarement la grandeur de 0,01 mm., ce qui rend difficile de constater les caractères servant à la détermination. En outre, il n'y a pas de pâte non individualisée pouvant conduire à identifier la substance; et enfin, dans les granites, on ne voit jamais, ou on ne voit que très rarement, des masses un peu grandes semblables aux cristaux négatifs, dihexaédriques, de matière hyaline, qu'on trouve dans les phorphyres quartzeux.

Le quartz du granite à gros grains de Johann-Georgenstadt renferme certainement, en maint cas, plusieurs certaines de mille particules étrangères dans l'espace d'un millimètre cube. Elles montrent généralement des formes irrégulières; ce n'est que rarement qu'on observe des contours imparfaitement hexagonaux ou rhombiques indiquant des dihexaèdres. Des formes étroites et allongées atteignent parfois 0,02 mm. dans une direction, mais presque toujours la plus grande dimension reste au-dessous de 0,01 mm. Leur substance, d'aspect un peu jaunâtre, renferme régulièrement une bulle sphérique, dont la grandeur relativement à celle de

l'ensemble varie beaucoup. Tantôt elle occupe la plus grande partie du volume de la particule, tantôt elle est petite ou même manque entièrement. La même variabilité s'observe dans les limites extérieures de la particule et dans l'effet de réflexion à l'intérieur de la bulle. Souvent les limites sont vagues et effacées, d'autres fois elles s'accusent par une ombre foncée; ici la sphère intérieure paraît tout à fait obscure, ailleurs elle se dessine par un simple trait. Dans la fig. 6, pl. IV, on voit représentées quelques-unes de ces particules et, entre autres, plusieurs dans lesquelles on reconnaît très distinctement des cristaux cubiques ou rhomboédriques. Ordinairement ces cristaux se trouvent à côté de la bulle dans la même particule; quelquefois la bulle manque, et il arrive aussi qu'on n'aperçoit que vaguement ou pas du tout les limites extérieures du cristal, vers la masse quartzeuse. *a* fig. 6. Dans la plupart des particules on n'observe aucune espèce de mouvement, même en chauffant fortement; çà et là néanmoins la bulle est mobile, ce qui permet de constater la nature liquide du contenu. Le mouvement est très manifeste à la température ordinaire, quoique lent en comparaison de celui qu'on voit dans d'autres minéraux; lorsqu'on chauffe, le mouvement s'affaiblit, et la bulle finit par rester immobile et invariable dans un des angles de la cavité. Jamais (dans cette roche) je n'ai observé de mouvement de la bulle dans les particules qui renfermaient un cristal. Les particules à contenu liquide ne diffèrent du reste en rien de celles où la bulle reste immobile. Parmi des milliers de ces dernières j'en ai trouvé, dans ce quartz, une seule où l'on pouvait observer avec certitude deux bulles immobiles. Ce fut là, en définitive, la seule preuve directe de la présence de particules solides. On peut toutefois regarder aussi comme un argument la manière dont le minéral se comporte dans l'opération préliminaire de l'analyse spectrale, car si toutes les particules, ou la plupart d'entre elles, contenaient du liquide, le minéral devrait, sans aucun doute, décrépiter plus facilement. L'analogie générale avec les particules étrangères que renferment les roches vitreuses, la forme presque toujours irrégulière, enfin la circonstance qu'on n'observe aucun effet de polarisation propre, toutes ces raisons rendent

très probable que les particules solides sont de nature hyaline [1]). Si cela est le cas, comme je suis porté à le croire, pour toutes les particules qui renferment les petits cristaux, ceux-ci se seraient donc séparés de la masse vitreuse. En ce qui concerne leur nature, je ne cacherai pas que je suis disposé à les regarder comme des rhomboèdres de quartz, conjecture à l'appui de laquelle je ne puis d'ailleurs apporter aucune autre raison que le fait, signalé plus haut, que, par leur forme et leur masse, ils entrent quelquefois en rapport direct avec le quartz environnant. Il faut remarquer en outre que l'analyse spectrale, à part l'acide carbonique et l'eau, n'a décelé aucune trace d'une autre substance, notamment ni métal alcalin, ni chlorure. Ainsi qu'on l'a déjà dit, il reste de nouveau douteux si le liquide est simple ou double; en tout cas, il faut admettre la présence d'eau et d'acide carbonique, et non pas seulement celle d'acide carbonique liquide et gazeux.

Pour l'observation de l'acide carbonique liquide dans le quartz du granite, je ne connais pas de roche plus intéressante que le gneiss granitique du St. Gothard, lequel constitue la plus grande partie de cette masse centrale des Alpes. La roche, qui est, comme on sait, un mélange grenu de quartz et de feldspath, traversé par des veines de mica, présente encore d'autres particularités microscopiques, mais ici nous ne nous occuperons spécialement que des cavités à liquide. Dans le quartz, qui se trouve généralement en petits agrégats réunis en veines et se réduisant en sable lorsque la roche se décompose, les particules étrangères ne sont pas, à beaucoup près, contenues en nombre aussi considérable que dans la roche précédente, mais elles ne sont pourtant pas précisément rares. Ordinairement on en voit dix à vingt rapprochées l'une de l'autre, mais quelques grains de quartz en sont aussi totalement dépourvus. Je ne crois pas néanmoins qu'on

---

[1]) Je me suis convaincu de l'existence de particules hyalines dans le quartz des granites, moins par les recherches dont il est question ici, que par l'étude microscopique des roches qui sont connues comme termes intermédiaires entre le granite et le porphyre quartzeux, spécialement de certains granites porphyroïdes de la Saxe et du Cornouailles.

les cherchera jamais en vain dans n'importe quel échantillon préparé pour le microscope, car j'en ai taillé un assez grand nombre dans des fragments pris en des points très éloignés les uns des autres, et toujours j'ai retrouvé les matières étrangères caractéristiques. Leurs modifications principales sont représentées dans la fig. 7, pl. IV.

Je dois mentionner d'abord que, outre des grenats microscopiques, un très grand nombre de petites lamelles vert jaunâtre, ordinairement de forme arrondie, sont disséminées irrégulièrement dans la masse du quartz, *a*, fig. 7, pl. IV. Les particules qui renferment une bulle sont, du reste, fréquemment tout à fait analogues à ces lamelles par la couleur et la grandeur, mais elles ne sont pas biréfringentes comme elles; leur forme est aussi le plus souvent tout à fait irrégulière, ce n'est que très rarement qu'on rencontre un indice douteux de contour dihexaédrique. Les plus grandes mesurent environ 0,01 mm. On distingue aisément deux espèces de ces particules, savoir celles avec bulle indifférente, qui, sous l'action de la chaleur, ne montrent aucun mouvement ou ne font voir qu'un mouvement unique, simple, *b*, fig. 7, pl. IV; et celles qui contiennent deux sphéroïdes emboîtés, dont l'interne est en mouvement continuel ou du moins change quand on chauffe l'échantillon, *c*, fig. 7. Les premières sont les plus fréquentes, mais les secondes sont loin d'être rares. Dans celles-ci le liquide intérieur se comporte tout à fait comme l'acide carbonique liquide dans les minéraux décrits précédemment. Ordinairement le volume de la bulle gazeuse est beaucoup plus petit que celui du liquide, et alors la cavité se remplit à peu près à la même température que cela a lieu dans le quartz de Madagascar ou dans la topaze du Brésil. A 30° C. la dernière trace de la bulle disparaît, et à la même température elle se reforme pendant le refroidissement, — accord très remarquable quant à l'état de condensation! Les cavités à liquide de la roche du St. Gothard ne se comportent pourtant pas, sous ce rapport, d'une manière tout à fait uniforme. Outre celles dans lesquelles la bulle gazeuse occupe le volume le plus petit et est absorbée à 30°,

j'en ai observé assez souvent d'autres dans lesquelles c'était le liquide qui remplissait l'espace le plus petit, et où par conséquent la bulle intérieure était plus volumineuse que la seconde zone, située tout autour. En chauffant, la bulle intérieure devenait alors encore plus grande, et entre 28 et 35° C. la capacité entière, jusqu'à la seconde limite de la cavité, était remplie de gaz. Cette différence dans la manière de se comporter trouve son explication très simple dans les propriétés de l'acide carbonique, dont nous avons parlé précédemment, et elle a aussi été observée et interprétée par Thilorier [1]). Maintenant, dans les deux cas, que le sphéroïde intérieur se composât exclusivement d'acide carbonique liquide ou d'acide gazeux, en général, par conséquent, à des températures dépassant 30° C., le contenu des cavités se comportait d'une manière tout à fait indifférente, c'est-à-dire exactement comme celui des cavités où la bulle ne montrait absolument aucun changement. Or si, d'un côté, l'état de condensation de l'acide carbonique est si différent, qu'à la même température la capacité est remplie ici d'acide carbonique liquide, là d'acide carbonique gazeux, il n'y a certainement rien de forcé à admettre que, d'un autre côté, le liquide peut aussi se trouver dans un état de condensation tel, qu'entre les limites ordinaires de température il ne se forme pas encore de gaz ni, par conséquent, de bulle mobile. J'ai examiné les cavités à contenu indifférent (*b*, fig. 7, pl. IV) à 4° C., mais, même à cette température, je n'ai pas observé de bulle. Je ne veux pas, du reste, tirer de ce qui a été dit la conclusion que l'une ou l'autre partie du contenu de ces cavités est de l'acide carbonique liquide; mais, en tout cas, on doit tenir compte, pour l'ensemble des faits, de la possibilité que deux liquides non mêlés entre eux remplissent la capacité entière.

Nous sommes donc de nouveau en présence de la question: la cavité contient-elle deux liquides ou un seul? Je dois avouer que j'avais étudié longtemps et souvent les cavités de la roche

---

[1]) *Ann. de Chimie et de phys.*, t. p.

du St. Gothard, telles qu'elles sont représentées en *c*, fig. 7, sans douter le moins du monde qu'il n'y eût là, outre la bulle gazeuse, deux liquides différents. Ce furent les phénomènes de la topaze du Brésil qui me forcèrent à plus de circonspection, et, d'après l'expérience acquise postérieurement, j'incline sérieusement aujourd'hui à regarder la présence de deux liquides comme tout aussi douteuse que dans beaucoup d'autres cas. Non-seulement, en effet, je n'ai jamais observé le moindre mouvement du bord moyen, mais, dans certains cas, d'autres raisons encore établissaient d'une manière concluante la solidité de la zone extérieure.

En *d* fig. 7, pl. IV, on a figuré deux cavités dans chacune desquelles se voient deux sphéroïdes avec bulles variables. Ces sphéroïdes consistent en acide carbonique liquide; quand on chauffe, les bulles sont condensées, mais sans que les bords extérieurs éprouvent quelque changement, sans que les deux sphéroïdes liquides se réunissent. Si tous les deux se trouvaient au sein d'un liquide, on ne concevrait pas que les choses pussent se passer ainsi. La portion la plus considérable du contenu, celle qui est de couleur blanche, est du quartz comme la masse enveloppante, et toutes les apparences tendent à faire penser que le quartz, la seconde substance minérale et l'acide carbonique liquide sont les résultats d'une seule et même décomposition chimique. Sans me prononcer sur la nature du résidu solide, je rappellerai encore que, contrairement aux lamelles (*a*) dont il a été question plus haut, il jouit toujours de la réfraction simple. Si l'on avait des motifs particuliers de regarder cette matière à caractère indifférent comme du verre, l'ensemble des phénomènes trouverait à coup sûr l'explication la plus satisfaisante. Provisoirement je dois laisser subsister les doutes soulevés, en espérant que des observations comparatives ultérieures feront découvrir des caractères propres à compléter ou à rectifier nos vues.

Dans d'autres roches granitiques j'avais longtemps cherché en vain le liquide expansible; je le retrouvai d'abord çà et là dans un granite d'Aughrushmore en Irlande, dans lequel la bulle était condensée aussi vers 30° C. Postérieurement, en travaillant par

hasard dans une chambre non chauffée, je découvris aussi un assez grand nombre de ces sphéroïdes doubles dans le quartz du gneiss gris de Freiberg, mais la bulle y disparaissait déjà complétement à 20° C. Dans chacune des deux roches le contenu de la plupart des cavités montre du reste un caractère indifférent. En opérant par un froid de 4° C. je n'ai remarqué aucun accroissement des bulles variables. Malgré l'application d'une température si basse je n'ai pu non plus, jusqu'à présent, découvrir dans d'autres roches granitiques les phénomènes dont il s'agit ici. Il est vrai que mes matériaux sont encore peu nombreux, vu que je ne dispose provisoirement que de 65 roches granitiques et gneissiques différentes. — Dans le labradorite de la côte de Labrador j'ai déjà signalé antérieurement [1]) la présence d'un liquide expansible, et ce liquide doit aussi être regardé positivement comme de l'acide carbonique liquide. Il est sans doute à remarquer que le labrador est beaucoup plus soluble que le quartz, mais ce que nous savons au sujet du pouvoir dissolvant de l'acide carbonique liquide se réduit malheureusement presque à rien. Il semble ne pas avoir exercé d'action particulière sur du verre dans lequel il avait été conservé longtemps. On n'observe pas de particules vitreuses dans le labradorite, mais, en même temps que l'acide carbonique liquide, on trouve toujours un petit cristal, un microlite augitique, dans la même cavité, et la plus grande partie de celle-ci est même occupée par le corps solide.

Je ne doute pas que des recherches ultérieures ne fassent encore découvrir l'acide carbonique liquide dans beaucoup d'autres roches, et je fixe de nouveau l'attention sur l'incertitude qui subsiste au sujet de l'état d'agrégation des „bulles indifférentes.” L'interprétation qui paraît la plus simple d'après le témoignage direct de nos sens ne conserve pas toujours le plus grand degré de probabilité devant le contrôle théorique et la combinaison des faits.

Dans les éléments des roches plus récentes, des roches volcaniques proprement dites, les cavités à liquide, comme il a

---

[1]) *Arch. néerl.* t. III, p. 30.

déjà été dit, sont relativement rares. Mon beau-frère, le professeur Zirkel, qui s'occupe en ce moment de l'étude microscopique des roches basaltiques, a pourtant trouvé assez souvent des cavités à liquide dans l'olivine, plus rarement dans le feldspath et l'augite de ces roches. Quant à leur présence dans certains leucites, M. Zirkel l'a déjà fait connaître antérieurement [1]).

Nous avons eu récemment l'occasion d'examiner ensemble les préparations microscopiques de ces divers minéraux, et voici le résultat de nos observations. L'olivine de la lave du Mosenberg dans l'Eifel, à la partie inférieure du courant, présentait des cavités à liquide nombreuses et assez grandes, dont le contenu se rapprochait tout à fait de l'acide carbonique liquide par ses propriétés physiques. On pouvait y observer notamment, comme dans les cavités de la roche du St. Gothard, que l'élévation de la température produisait, suivant les divers rapports des volumes, tantôt la condensation de la bulle gazeuze, par suite de la dilatation du liquide, tantôt l'évaporation du liquide, lorsque la quantité de celui-ci était faible. Le liquide dans l'olivine des basaltes du Geising, près d'Altenberg en Saxe, et de Marbourg en Hesse se comportait de la même manière. Le liquide renfermé dans les cavités du feldspath provenant des basaltes du mont Smolnik, près de Heiligenkreuz en Hongrie, consistait également en acide carbonique liquide. Dans tous ces cas la bulle était condensée par la chaleur, et il n'y avait pas de cavités à contenu liquide indifférent.

L'état de condensation de l'acide carbonique était encore à peu près le même que dans les exemples décrits précédemment; le thermomètre marquait 30 à 32° C., lorsque la bulle achevait de se condenser ou lorsqu'elle reparaissait pendant le refroidissement. Le liquide dans le leucite de la lave de Capo di Bove et dans celui du leucitophyre de Rieden n'était pas de l'acide carbonique liquide; le contenu des cavités se comportait exactement comme celui de la plupart des cavités des quartz du granite; le mouve-

[1]) Voy. *Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesell.*, t. XX, 1868, p. 116 et suiv.



ment de la bulle se ralentissait à mesure qu'on chauffait et finissait par s'arrêter, mais, à une température dépassant 100° C., on ne pouvait observer aucun changement des rapports de volume. Dans le leucite de Capo di Bove le contenu des cavités ressemble beaucoup au contenu double des cavités du quartz du St. Gothard (voy. le Mémoire de M. Zirkel); mais ici il ne peut y avoir de doute que la partie jaunâtre, invariable, soit une matière vitreuse, solide, attendu que des particules vitreuses analogues, bien caractérisées, se trouvent en abondance dans le même cristal.

Le résultat le plus important des recherches précédentes est sans contredit le fait que l'acide carbonique liquide ne se trouve pas seulement dans des minéraux en gîtes restreints, mais dans des massifs entiers de roches, preuve directe que pendant la formation de ces masses, ou à la profondeur à laquelle elles ont pris naissance, l'état de condensation était très différent de celui qui correspond à la pression atmosphérique actuelle à la surface du globe. Il est remarquable de voir l'accord qui se manifeste sous ce rapport, dans un petit nombre de cas il est vrai, entre les granites et les roches volcaniques dont il a été question en dernier lieu. La présence de l'acide carbonique liquide dans l'olivine du courant de lave superficiel du Mosenberg est particulièrement intéressante. Il est impossible de décider si cette condensation de l'acide carbonique a été produite ou favorisée de quelque manière par la solidification et la cristallisation de la masse silicatée liquide, ou bien s'il faut l'attribuer à ce que l'olivine en question a été formée dans la profondeur, puis simplement amenée au jour par une action mécanique.

DELFT, Janvier 1869.

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LES
HUILES MINÉRALES DES POSSESSIONS NÉERLANDAISES
AUX INDES ORIENTALES,

PAR

E. H. VON BAUMHAUER.

Dans le cours de recherches exécutées en 1863 et 1864 sur la nature et la composition de l'huile minérale brute provenant d'Amérique, j'avais étudié également quelques petits échantillons de pétrole de nos possessions des Indes orientales. et j'avais cru pouvoir conclure de cette étude que la substance recueillie dans nos colonies était identique à celle qui avait pris dès lors tant d'importance commerciale en Amérique. L'exploitation d'un produit si précieux comme matière éclairante et comme combustible, pouvant avoir — supposé qu'il se trouvât en quantité suffisante et de bonne qualité — une haute valeur, tant pour nos colonies que pour le commerce de la mère-patrie, je pris la liberté d'adresser, à la date du 6 mai 1863, une lettre au Ministre des colonies, pour lui signaler l'opportunité d'une enquête concernant les gîtes d'huile minérale dans nos possessions des Indes orientales et occidentales ainsi que dans celles de la côte de Guinée. Je demandais en outre que le Ministre voulût bien faire transporter en Néerlande des échantillons, d'une centaine de litres au moins,

du produit des principaux gîtes, afin que l'huile pût être soumise à un examen technique, examen que je me déclarais disposé à entreprendre. Ma proposition trouva chez le Ministre un accueil des plus sympathiques, de sorte que deux jours après je recevais déjà de son Excellence l'avis que le Gouverneur général de l'Inde Néerlandaise avait été invité à satisfaire, s'il était possible, à mon désir. Par missive du 26 novembre 1863 je fus informé que le Gouverneur de Curaçao et de ses dépendances avait fait savoir qu'il n'existait pas de pétrole dans ces îles, et par missive du 22 janvier 1864 j'appris que les recherches de pétrole faites tant dans la colonie de Surinam, que dans les possessions Néerlandaises sur la côte de Guinée, n'avaient eu aucun résultat favorable.

Les tentatives furent couronnées de plus de succès dans les Indes orientales, où l'Ingénieur en chef placé à la tête du service des mines, M. C. de Groot, prit la chose très à cœur, comme on le verra plus loin. Mais, auparavant, je veux faire connaître l'opinion émise, au sujet de la probabilité de la découverte de couches de pétrole, par le Dr. Junghuhn, Inspecteur chargé des recherches d'histoire naturelle aux Indes Néerlandaises; ce savant, trop tôt enlevé à la science, s'exprimait ainsi dans son rapport au Gouverneur général:

„...Pour ce qui concerne les chances de succès que pourraient avoir dans ce pays des forages pratiqués en vue de rechercher l'huile minérale, elles sont très faibles, beaucoup plus faibles que celles de la découverte de sel, et cela pour les motifs suivants: Tous les produits qu'on connait sous les noms de naphte, pétrole huile de pierre, huile de montagne, huile de terre, mais qu'il est plus convenable de réunir sous la dénomination générale de *bitumes liquides*, ne peuvent devoir leur origine qu'à des matières organiques; ils sont formés par une espèce de distillation sèche, alors que des sources de chaleur souterraines, telles par exemple que des courants de lave non encore refroidis, exercent leur action sur des couches ou des amas de calcaire bitumineux, d'argile bitumineuse, de schiste houiller et de combustibles fossiles. Il suit de là, que la quantité de bitume fossile que peut fournir un

terrain ou une formation géologique doit être proportionnelle à la quantité des matières organiques — bois, troncs d'arbres, forêts enfouies — que ce terrain a contenues et qui, transformées en bois bitumineux, en lignite ou en houille, y sont restées conservées en partie. Il faut donc que des combustibles de ce genre existent en abondance dans l'une ou l'autre partie de cette formation, comprise dans les limites du pays, pour que l'on puisse, avec quelque espoir de réussite, ouvrir des puits ou pratiquer des sondages destinés à la recherche de l'huile minérale. Or on trouve bien, sur toute l'étendue de l'île de Java, des charbons fossiles dans la formation tertiaire; mais ce ne sont guère que des petits nids lenticulaires, ou des troncs d'arbres aplatis et terminés en coin (anciens bois flottés), ou des veines minces, qu'on rencontre dans toutes les résidences, disséminés çà et là au milieu des grès et des argiles. Je n'ai trouvé de véritables *couches* de charbon que dans la partie méridionale du district de Tjilangkahan (résidence de Bantam); mais, après moi, ces couches n'ont plus été visitées par personne.

„En présence de cette pénurie de la matière première (bois intercalé entre des couches de grès et transformé plus ou moins complétement en lignite brun ou noir), le produit — l'huile minérale — peut bien exister dans beaucoup de localités, mais doit nécessairement être toujours en petite quantité. Cette conclusion est tout à fait d'accord avec les faits constatés, vu que, près de toutes les sources salées ou salses (sisippan des Sondanais), on voit l'huile minérale sourdre de terre, mais toujours en faible quantité; de même que les lignites se rencontrent sur toute la surface de l'île, dans les terrains neptuniens, mais seulement en petits nids, ou comme des fragments de troncs d'arbres anciens. Si la matière première existait en abondance, aucun autre pays ne pourrait rivaliser avec Java sous le rapport de la richesse en huile minérale, vu que toutes les autres conditions nécessaires pour la formation du bitume liquide ou pétrole sont ici réunies: des roches à l'état d'incandescence doivent en effet se trouver à une faible profondeur autour du pied de tous les volcans, puisque

des vapeurs chaudes et des sources chaudes s'élèvent des fissures de ces roches et que les cratères où bouillonne encore la lave fondue se comptent par dizaines.

„L'espoir de recueillir de grandes quantités d'huile minérale à Java est donc très faible. On pourrait dire, il est vrai, que, tout comme la partie sud de Tjilangkahan, d'autres parties de l'île recèlent peut-être également des couches puissantes et étendues de charbons fossiles, lesquelles n'ont pu être découvertes sans sondages, attendu que les soulèvements et les fractures font défaut, les couches du terrain n'ayant pas été dérangées sensiblement de leur position horizontale primitive; il se peut donc aussi que dans ces parties de terrain, à quelques centaines ou quelques milliers de pieds au-dessous de la surface du sol, de grandes masses d'huile minérale se trouvent emprisonnées dans des fissures ou des cavités, sans issue au dehors. La possibilité d'un pareil état de choses ne saurait être niée d'une manière absolue. Il y a toutefois un argument important qui enlève toute probabilité à l'existence de semblables accumulations d'huile minérale à Java. En effet, par suite de l'action primordiale des volcans et des tremblements de terre postérieurs, l'île entière, dans tous ses terrains, tant neptuniens que volcaniques, se trouve tellement déchirée, fracturée, criblée de fentes et de fissures, que le nombre des sources chaudes et des jets de vapeur et de gaz, qui — dans les plaines, les vallées et les montagnes — sortent de ces fentes, est presque incalculable.

„Parmi les milliers d'ouvertures et de fissures qui, depuis le détroit de Bali jusqu'au détroit de la Sonde, sillonnent le massif dont la surface constitue l'île de Java, et laissent échapper avec tant de profusion les sources et les vapeurs, tant chaudes que froides, pourquoi quelques-unes n'auraient-elles pas livré un passage également facile à l'huile minérale, si celle-ci existait réellement en grande quantité?

„En outre, le bitume liquide de Java et de Sumatra n'est pas du pétrole incolore, mais du goudron minéral brun-noirâtre, de consistance épaisse, qui aurait besoin d'être purifié artificielle-

ment, par distillation, pour devenir propre aux usages techniques.

„Sur les bords de la mer Caspienne (Abscheron, Baku) on récolte annuellement environ 80.000 quintaux d'un naphte passablement pur, dont la plus grande partie est expédiée en Perse. Il me paraît indubitable que si ce naphte était importé du golfe Persique à Java, il reviendrait à meilleur compte que celui qu'on pourrait retirer, par distillation, du goudron minéral noir recueilli sur place.”

Au mois d'octobre 1867 il me fut communiqué par M. le Ministre des Colonies que quatre caisses d'échantillons de pétrole venaient d'arriver des Indes orientales et qu'elles étaient mises à ma disposition. Cet envoi était accompagné d'un rapport très intéressant de l'Ingénieur en chef ci-dessus désigné, M. C. de Groot, sur les gîtes d'huile minérale dans les possessions indo-néerlandaises. Voici comment s'exprimait ce rapport:

„D'après les rapports des chefs d'administration provinciale, tant à Java qu'au dehors, l'existence du pétrole est inconnue dans les provinces suivantes: Bantam, Batavia, Buitenzorg, Krawang, Tagal, Pekalongan, Japara, Probolingo, Bezoekie, Banjoewangi et Bali, Bagelen, Kadoe, Djokdjokarta, Patjitan, côte occidentale de Sumatra et dépendances, Benkoelen, districts de Lampong, Banka et dépendances, Billiton, Riouw et dépendances, division occidentale de Bornéo, Célèbes et dépendances, Banda, Ternate, Timor et dépendances.

„Dans les autres provinces des Indes Néerlandaises les rapports des chefs d'administration signalent la présence du pétrole, qui y est recueilli et employé en plus ou moins grande quantité, comme l'indique l'aperçu suivant:

I. PARTIE OCCIDENTALE DE JAVA.

a. Régences de Préanger.

Dans la division de Bandong, district de Madjalaja, se trouve une localité, à Kawa Boeleran (nommé Kawah Kiamis ou Karahah sur la carte de Junghuhn) où le pétrole sort de terre goutte à goutte, en quantité trop minime pour qu'on le récolte.

b. Chéribon.

	Pétrole fourni annuellement, en picols.	
Dans la div. de Madjalengka, district de Madja:		
1°. Tjibodas tinggah	8,5	
2°. Tjibodas landek.	8,5	
Dans la div. de Ploembon, distr. Palimanang:		
3°. près du dessa de Palimanang.	1,0	
Fourni par la nature dans la partie occidentale de Java		18,0

II. PARTIE CENTRALE DE JAVA.

a. Samarang.

Dans la div. de Salatiga, distr. de Salatiga:		
1°. dans le dessa de Soember	0,35	
distr. d'Ambarawa:		
2°. près du dessa de Tambak Selo	0,35	
distr. d'Oenarang:		
3°. près du dessa de Kaliabang.	0,45	
Dans la div. de Grobogan, distr. de Poerwoedadi:		
4°. dans le dessa de Ngembok.	21,0	
5°. „ „ „ „ Taloentoerie, environ	1,0	
6°. „ „ „ „ Djankoeng.	5,25	
Dans la div. de Kendal, distr. de Selokaton:		
7°. en quatre endroits, à Pelantoengan. . .	6,0	
Total dans la province de Samarang. . .		34,4

b. Rembang.

Dans la div. de Rembang, distr. de Sedan:		
1°. dans le dessa de Tahoenan	0,2	
Dans la div. de Toeban, distr. de Singaham:		
2°. dans le dessa de Dagoengan	0,125	
Dans la div. de Bodjonegoro, distr. de Tinawoon:		
3°. dans le dessa de Dandang ilo.	5,0	
distr. de Temajang:		
4°. dans le dessa de Dringes	peu.	
Dans la div. de Blora, distr. de Panolan:		
5°. près du dessa de Pajingan, en 4 endroits.	3,0	
A reporter. . . .	8,325	52,4

	Pétrole fourni annuellement, en picols.	
Report . . .	8,325	52,4
distr. de Karangdjatti:		
6°. près des dessas de Pelantoengan et de Sendang	peu.	
Total dans la province de Rembang. . .		8,325
c. Banjoemaas.		
Dans la div. de Bandjernegara, distr. de Karankobar:		
1°. dans le dessa de Pagerpellah	peu.	
Dans la div. de Tjilatjap, distr. de Pegadingan:		
2°. dans le dessa de Sidaredja.	peu.	
Dans la div. de Poerwokerto, distr. de Djamboe:		
3°. dans le dessa de Ketangoeng, en 3 endroits rapprochés	± 17,50	
Dans la div. de Poerbolingo, distr. de Tjahyana:		
4°. dans le dessa de Passegeran.	peu.	
Total dans la province de Banjoemaas. . .		± 17,50
d. Madioen.		
Dans la div. de Ngawi, distr. de Gendingan:		
1°. Soember Lantoengan (Gembol).	± 7,5	
2°. Soember Doewit (bois de Tretes) . . .	± 3,75	
Total dans la province de Madioen. . .		11,25
e. Soerakarta.		
Dans le distr. Sragen:		
1°. dans le dessa de Wajoe, sur les terres affermées à M. Schomero	1,75	
Dans le distr. d'Ampel:		
2°. dans le dessa de Tjaremé, sur les terres affermées à M. v. d. Berghen	1,75	
3°. dans le dessa de Djoewangie, bois de Djagoelan, sur les terres affermées à M. v. d. Berghen	0,75	
Total dans la province de Soerakarta. . .		4,25
Fourni par la nature dans la partie centrale de Java. .		75,725

„Les localités de la partie centrale de Java où l'on fait usage de l'huile minérale sont les suivantes:

„Dans la province de Rembang, près du dessa de Pajingan, l'huile minérale est récoltée par la population tous les huit jours, et employée à l'éclairage ainsi que pour boucher les coutures des praos. Près des dessas de Pelantoegan et de Sendang, le pétrole est aussi parfois recueilli et appliqué à la guérison des blessures des chevaux et du bétail.

„Les deux sources de pétrole de la province de Madioen sont utilisées par les habitants depuis nombre d'années; ils en retirent de l'huile destinée au calfatage de leurs embarcations.

III. PARTIE ORIENTALE DE JAVA.

	Pétrole fourni annuellement, en picols.	
a. Soerabaija.		
Dans la régence de Soerabaija:		
1°. 160 sources dans le dessa de Tandjong Lor et Kidoel	± 105,0	
2°. Dessa de Goenoengsari, sur terre privée.	4,0	
District de Djabakotta:		
3°. Dessa de Koetie	10,0	
4°. „ „ Poempoengan, sur terre privée.	140,0	
District de Goenoeng gending:		
5°. Dessa de Paras	1,0	
6°. „ „ Gogor	25,0	
7°. „ „ Lidah	20,0	
Dans la div. de Grissee, distr. de Petambakan:		
8°. Dessa de Seharkoerong	0,36	
9°. „ „ Djetah	0,02	
District de Lingkir:		
10°. Goenoeng Tjitro, dessa de Nogo. . . .	0,30	
Dans la div. de Modjokerto:		
11°. Dans le distr. de Modjokasri 2 sources. .	très peu.	
Total dans la province de Soerabaija. . .		305,68
A reporter.		305,68

		Pétrole fourni annuellement, en picols.
Report.		305,68
b. Madura.		
Dans la div. de Pamakassan, distr. de Lambanglor:		
1°. Près du dessa de Boedjoer tenga. source actuellement tarie.		
Dans la div. de Madura, distr. de Bengkalan:		
2°. Dessa de Gégèr	3,0	
Dans la div. de Soemanap, distr. de Baratlaut:		
3°. Dessa de Pragaän		
4°. „ „ Prindoean		
5°. „ „ Aingpanas.	0,6	
District de Baratdaja:		
6°. Dessa de Basoka.		
Total dans la province de Madura. . . .		3,60
c. Pasoeroean.		
Dans la div. de Bangil, distr. de Gempol:		
1°. Dessa de Tjarat	4,50	
Total dans la province de Pasoeroean. . . .		4,50
d. Kédiri.		
Dans la div. de Kertosono:		
1°. Près du dessa de Linkong gening . .	1,50	
Total dans la province de Kédiri. . . .		1,50
Fourni par la nature dans la partie orientale de Java. .		315,28

„L'huile minérale que fournit la partie orientale de Java est aussi utilisée par la population dans quelques localités.

„Dans la province de Soerabaija on exploite les sources des dessas de Tanjonglor et Kedoel, Koeti, Poempoengan, Gogor et Lidah. Le pétrole des sources des provinces de Madura et de Pasoeroean est également récolté par les habitants.

„Dans le voisinage immédiat des sources pétrolifères de Modjokasri et de Soerabaya on trouve une source chargée de sel marin.

IV. PALEMBANG.

1°. Dans la div. de Lematang ilir . . . . ± 5,25
2°. „ „ „ „ Moesi ilir. . . . . Quant. connue faible.
Fourni par la nature dans la prov. de Palembang 5,25
picols par an.

„L'huile minérale de Lematang est recueillie par les habitants et employée au calfatage des praos.

V. DIVISIONS SUD ET EST DE BORNÉO.

Dans la div. de Martapoera: 1°. distr de Riam Kiwa, au pied du mont Pakun.	Après avoir creusé une excavation on obtint, en une heure, 1 litre.
Dans la div. d'Amoenthay: 2°. distr. d'Alay et Balangan.	Probablement 3 litres par jour durant la saison sèche; pendant la mousson des pluies la production se réduit à rien.
Fourni par la nature dans les div. S. et E. de Bornéo.	Quant. tout à fait incertaine.

VI. MÉNADO.

„Au voisinage d'une rivière dans la province de Tagoentalo, sur le golfe de Tomori. D'après les renseignements reçus par l'assistant-résident de Gorontalo, il existe en ce point une source de pétrole, dont le produit assez considérable s'écoule dans la rivière, où il surnage.

Fourni par la nature à Ménado. Quant. absolument inconnue.

VII. AMBOINE.

„Dans la partie Est de Céram:

1°. A une demi-lieue à l'ouest de l'embouchure de la rivière Boela 3,5

2°. Vers les sources de la rivière Nief, environ à 6 lieues dans l'intérieur des terres. 1,0

Fourni par la nature à Amboine. 4 picols par an.

„Les chiffres qui précèdent ont été déduits, aussi bien que possible, des rapports des chefs des administrations provinciales.

„Ces chiffres n'autorisent absolument aucune conclusion sur ce que pourra devenir la production d'huile minérale lors d'une exploitation régulière entreprise avec les moyens convenables. Mais ces données permettent très bien de se faire une idée de la distribution du pétrole dans l'Inde Néerlandaise et de la richesse relative de certaines parties de ces colonies.

„La partie Est de Java est la plus riche en pétrole; si les renseignements obtenus par le résident de la division Sud et Est de Bornéo se confirment, cette résidence doit prendre le second rang; vient ensuite la partie centrale de Java, où la quantité de pétrole qui arrive naturellement au jour est aussi assez considérable.

„La partie Ouest de Java, Palembang et Amboine fournissent beaucoup moins d'huile minérale. Pour l'exploitation immédiate, les points qui doivent entrer en considération sont, d'abord la partie Est de Java et ensuite la partie centrale, vu que dans la division Sud et Est de Bornéo les moyens de faire des recherches avec les soins nécessaires manquent pour le moment.

„Si l'on réussit dans la mise en rapport des sources de pétrole des parties orientale et centrale de Java, les autres sources ne resteront pas longtemps sans être utilisées, attendu que l'importance du produit et les procédés d'exploitation seront alors mieux connus.

„Outre ce que nous apprennent sur les gisements de pétrole les rapports des chefs des administrations provinciales, on trouve encore quelques indications à ce sujet dans les ouvrages suivants.

F. C. H. Liebert, *Natuurk. Tijdschr. van Ned. Indië*, T. I, 6e partie des Matériaux rassemblés par les ingénieurs des mines pour la connaissance géologique et minéralogique de l'Inde Néerlandaise:

Samarang.

Dans la division de Kendal, district de Bodja:

1°. Dans un ruisseau, près du petit dessa de Kedong botok, le pétrole se dégage en quantité assez considérable.

2°. Limbangan, au sud de Bodja, est une localité où l'on trouve du pétrole.

District de Troeko.

3°. Près du Kampong Lantong, sur le bord d'un des bras de la rivière Bloekar, entre Selokaton et Troeko, le pétrole existe en grande quantité; il n'en est fait que peu d'usage.

F. Junghuhn, *Java, zijne gedaante, zijn plantentooi en inwendige bouw*, 9e partie, p. 1303 et suiv.

Krawang.

1°. Au pied septentrional du volcan Boerangrang, 1½ bornes O. N. O. de Tenggeragoeng, le pétrole s'échappe du sol en différents endroits.

Chéribon.

2°. Au pied oriental de la chaîne calcaire située au côté nord du volcan Tjerimai, près de la grotte méphitique Gawah Galang, on trouve un peu de pétrole dans des cavités de la couche de terre qui recouvre le sol calcaire.

3°. Sur le versant occidental du volcan Tjerimai, au-dessous du dessa d'Argalinga, dans le large lit du Tji-Bodas, à une hauteur de 2300 pieds au-dessus de la mer, les Javanais ont creusé dans une couche d'argile grise un puits de 7 pieds de profondeur, d'où ils extraient journellement du pétrole.

Samarang.

4°. Dans la division de Kendal, l'huile minérale sort de terre en différents points d'une bande de grès calcarifère, au-dessous du dessa de Tjoeroek; les sources iodées d'Assinan et de Gebangan sont situées dans cette contrée.

Madioen.

5°. Dans le lit de la rivière Solo, près du dessa de Temoegiring, du pétrole s'échappe du sol.

R. Everwijn, *Natuurk. Tijdschr. van Ned. Indië*, T. XXI, Matériaux rassemblés par les ingénieurs des mines pour la connaissance géologique et minéralogique de l'Inde Néerlandaise.

Palembang.

Dans la division de Banjoeasin on trouve des sources de pétrole près de Bali-boekit, à 3 et à 1½ lieues de distance de cette localité.

ÉTAT du produit ann

DÉSIGNATION DE LA LOCALITÉ			
Résidence ou Gouvernement.	Division ou Régence.	District.	D
Régences de Préanger	Bandong	Madjalaija	**Kawa** **(Kaw**
Chéribon	Madjalengka	Madja	**Tjibo**
〃	〃	〃	〃
〃	Ploembon	Palimanang	**près**
Samarang	Grobogan	Poerwodadi	**près**
〃	〃	〃	***Taloer***
〃	〃	〃	**Diang**
〃	Salatiga	Salatiga	**Soemb**
〃	〃	Ambarawa	**près d**
〃	〃	Oenarang	**au S.**
〃	Kendal	Selokaton	**Planto**
Rembang	Rembang	Sedan	**près de**

„Lorsque je séjournais à Madura, en 1851 et 1852, l'huile minérale recueillie dans cette île par les indigènes se vendait $12\frac{1}{2}$ cents la bouteille.

„Outre les emplois déjà rappelés, on fait encore un certain usage de l'huile minérale pour fabriquer des torches et pour enduire les peaux sèches destinées au marché européen.

„Les sources de pétrole de l'Inde néerlandaise se trouvent toutes dans la formation tertiaire. Il paraît exister à Java une liaison intime entre les sources contenant du sel marin ou de l'iode et celles qui fournissent de l'huile minérale; du moins elles se trouvent fréquemment dans le voisinage les unes des autres.

„En ce qui concerne les sources salées de Java, depuis bien des années la conviction s'est établie dans mon esprit qu'elles doivent leur contenu de sel à des couches de sel gemme, qui font partie du terrain tertiaire de Java ou de quelque autre terrain situé plus bas et encore inconnu jusqu'à ce jour.

„Je me trouve fortifié dans cette conviction par ce que j'ai appris plus tard concernant les lacs salés d'Astrakan et du Caucase, les sources de sel, de pétrole et d'hydrogène carboné de la côte de Géorgie, sur la mer Caspienne, et de la côte opposée de Khiva, et les sources de sel et de pétrole de l'empire de Birman.

„Je crois qu'il y aurait, et pour la science et pour l'industrie, de l'intérêt à examiner si mon opinion est fondée.

„La simple inspection à la surface du sol ne nous apprend rien au sujet de l'origine de la source d'hydrogène carboné Mérapie (dite „le feu sacré") près de Goeboek, ou des sources salées de Java; des sondages seuls peuvent nous donner des notions certaines."

Aidé du rapport qu'on vient de lire, M. de Bruyn, directeur des travaux publics civils aux Indes, a dressé l'état ci-joint du produit annuel, connu ou présumé, des sources de pétrole aux Indes néerlandaises.

Les quatre caisses que je reçus contenaient chacune un baril en tôle d'environ 100 litres de capacité, avec fermeture à vis en

cuivre. Pour prévenir toute confusion nous distinguerons ces échantillons d'huile par les lettres:

A. Provenant de la division d'Amoenthay, à Bornéo.

B. Du dessa de Dandang-Ilo, dans le district de Tinawoon, division de Bodjo-Négoro, résidence de Rembang.

C. De la source Tjibodas-Tanggah, dans le district de Madja, division de Madja lengka, résidence de Chéribon.

D. De la source du dessa de Gogor, district de Goenoeng gending, résidence de Soerabaya [1]).

Postérieurement, j'eus l'avantage de recevoir encore de M. Sanders van Loo, qui a passé quelques années à Java, de petits échantillons d'huile provenant des deux localités suivantes:

E. De la source près de Minjak-Lingi, dans la division de Lematang Ilier, résidence de Palembang.

F. De la source près de Minjak-tanah, Iliran et Banjoe-asin.

Le travail considérable que j'avais fait, dans les années 1863 et 1864, sur les huiles minérales américaines, m'avait appris que ces huiles consistent en un mélange d'hydrogènes carbonés de la formule C^nH^{2n+2}, mélange allant probablement du premier terme de la série, CH^4, le gaz des marais, qui s'échappe à l'état gazeux de toutes les sources de pétrole, jusqu'aux termes les plus élevés, qui sont des matières blanches, solides, dont le point d'ébullition est situé bien au-delà de 400° C. Le travail dont je parle n'a pas été publié, parce que, au moment où il approchait de son achèvement, parut dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 4e Série, tome I, 1864, le mémoire sur les pétroles d'Amérique de MM. J. Pelouze et A. Cahours, dans lequel ces savants étaient parvenus précisément aux mêmes résultats. Je n'avais pourtant pas été aussi heureux que les deux chimistes français, qui, depuis l'hydrure de butyle C^4H^{10} jusqu'à l'hydrure de cétyle $C^{16}H^{34}$, avaient isolé les 13 différents termes de la série et avaient décrit les propriétés physiques et chimiques de chacun de ces termes ainsi que plusieurs de leurs produits de substitution.

---

[1]) Dans l'état communiqué ci-dessus je ne trouve pas le dessa Gogor, mais je présume qu'il y figure sous le nom de Lagor ou de Lidah.

Ces recherches furent complétées plus tard par M. Lefebvre, qui décrivit un terme encore plus bas de la série, savoir l'hydrure de propyle C^3H^8, lequel bouillirait à 23° C., aurait une densité de 0,613 et une densité de vapeur de 1,60.

La méthode d'après laquelle ces différentes substances auraient été séparées est celle des distillations fractionnées. Cette méthode avait aussi été suivie par moi; mais le résultat de mon expérience personnelle avait été, qu'à moins d'opérer sur une quantité extrêmement considérable de matière et de répéter un grand nombre de fois les distillations fractionnées, on n'obtient jamais un produit qui, du commencement jusqu'à la fin de la distillation, conserve le même point d'ébullition et est par conséquent une matière simple. Je ne puis donc attacher que peu d'importance aux résultats consignés dans le mémoire de MM. Pelouze et Cahours; les produits qu'ils regardent comme des matières distinctes, réalisant les termes successifs de la série homologue, ne sont à mes yeux que des mélanges de différents termes de cette série, mélanges qui présentaient accidentellement un point d'ébullition, un poids spécifique et une densité de vapeur approchant des valeurs théoriques.

La composition centésimale obtenue par l'analyse organique n'éclaire absolument en rien, à cause de la différence minime qui existe entre la composition des termes successifs; en effet, pour les six termes de la série qui vont de C^{10} à C^{15}, la différence dans les proportions centésimales de carbone et d'hydrogène ne s'élève qu'à quatre dixièmes d'un pour-cent, et entre C^{15} et C^{20} elle n'atteint que deux dixièmes; or, tous ceux qui ont l'habitude de l'analyse organique savent qu'on doit s'estimer très heureux lorsque le résultat est exact à $^1/_{10}$ de pour-cent près.

Si nous prenons dans les résultats de MM. Pelouze et Cahours la composition, le point d'ébullition et les densités, à l'état liquide et à l'état gazeux, des matières à partir de C^{10}:

	Formule.	Composition calculée.		Point d'ébullition observé.	Densité du liquide observée.	Densité de vapeur théorique.
		C	H			
hydrure de butyle	$C^{10}H^{22}$	84,51	15,49	158—162	0,757 à 16°	5,001
" undécyle	$C^{11}H^{24}$	84,61	15,39	180—182	0,766 " 16°	5,494
" lauryle	$C^{12}H^{26}$	84,70	15,30	198—200	0,778 " 20°	5,987
" cocinyle	$C^{13}H^{28}$	84,78	15,22	218—220	0,796 " 17°	6,481
" myristyle	$C^{14}H^{30}$	84,85	15,15	236—240	0,809 " 20°	6.974
" bényle	$C^{15}H^{32}$	84,90	15,10	258—262	0,825 " 19°	7,467

nous voyons que la composition centésimale ne peut rien nous apprendre et que, — vu l'incertitude des densités de vapeur lorsqu'on n'est pas assuré de ne pas avoir affaire à des mélanges, — ce qui fournit encore le plus d'éclaircissement est le point d'ébullition, dont la différence s'élève à environ 20 degrés pour deux termes successifs, et la densité à l'état liquide, laquelle diffère de plus de 0,01 pour ces mêmes termes.

Pour ces motifs, j'ai recherché spécialement, dans mon travail sur les pétroles des Indes orientales, les proportions centésimales des produits passant à la distillation entre des températures déterminées, ainsi que la densité de ces produits, toujours à 15° C. et en prenant pour unité l'eau au maximum de densité; j'ai pris en outre le premier point d'ébullition des produits de distillation, qui était toujours inférieur à la température la plus basse à laquelle le liquide avait passé.

Mes recherches antérieures, à une grande échelle, sur la distillation, des huiles minérales, m'avaient appris que dans cette opération, surtout lorsqu'elle s'exécute sur des huiles lourdes, distillant à des chaleurs élevées, les vapeurs sont si pesantes qu'elles ne passent qu'avec peine, et que leur séjour prolongé dans la cornue, à une haute température, donne lieu à des transformations, probablement à des condensations en carbures supérieurs.

Dans le laboratoire de l'Athenée d'Amsterdam, où je disposais de moyens très suffisants, j'opérais la distillation des huiles mi-

nérales dans un courant de vapeur d'eau, qui pouvait être chauffé à volonté; les vapeurs huileuses sont alors entraînées vers les appareils de condensation aussitôt qu'elles ont pris naissance, et restent par conséquent exposées aussi peu que possible à l'action décomposante de la chaleur. Je regarde ce mode de distillation au moyen d'un courant de vapeur surchauffée, mode qui a aussi l'avantage de réduire considérablement le danger d'incendie, comme celui qui convient le mieux pour la préparation industrielle des essences, des huiles d'éclairage et des huiles de graissage par le traitement du pétrole brut.

Dans mon travail actuel cette ressource m'a fait défaut, de sorte que, pour atteindre le même but, j'ai dû me contenter de faire traverser la cornue pendant la distillation par un courant assez rapide d'acide carbonique sec, et de conduire les vapeurs à travers un long tube de verre entouré d'un autre tube dans lequel circulait constamment un courant d'eau froide.

La distillation a eu lieu au bain de sable; toute la panse de la cornue et une partie du col étaient plongées dans le sable chaud.

A. Pétrole de la division d'Amoenthay, à Bornéo.

Le baril contenait une grande quantité d'eau et une masse brun-jaunâtre, très visqueuse, d'une consistance butyreuse épaisse, qui, portée avec une spatule du baril dans un vase de verre, ne se rassembla que lentement.

Je laissai ce verre pendant longtemps dans un endroit chaud, pour tâcher d'obtenir la séparation de l'huile d'avec les parties aqueuses qui s'y trouvaient mêlées en abondance; mais cela ne réussit pas. En chauffant plus fortement, de l'écume commença à se produire vers 70° C., et à une température encore plus élevée la masse presque entière se changea en une écume tenace, qui ne se rompait que difficilement; on ne pouvait donc songer à distiller cette masse.

Dans un grand verre à précipité on pesa 39,575 grammes de la masse, dont j'avais laissé égoutter l'eau autant que possible; puis on chauffa, d'abord au bain-marie et ensuite dans un bain

de nitre à 110° C., en ayant soin d'agiter fortement pour prévenir que les écumes sortissent du vase; la masse perdit par ce traitement 18,610 gr. ou 47,02 p. c., perte qui consistait presque exclusivement en eau. Lorsque ensuite on continua l'application de la chaleur, sur un bain de sable, de l'huile commença à distiller, sans formation de nouvelles écumes, et finalement il resta dans le verre une matière noire, dure, très brillante, semblable à de l'asphalte, et dont le poids s'élevait à 5,665 gr. ou 14,31 p. c.

Dans une autre expérience je constatai que la première apparition d'écumes avait lieu entre 70° et 80° C., que le thermomètre s'arrêtait longtemps entre 95° et 105° C., que le dégagement d'écumes abondantes cessait lorsque le thermomètre avait atteint la température de 115° C., enfin qu'à 120° C. le liquide d'un brun-noirâtre foncé et très fluide prenait une surface unie. Par le refroidissement on obtint une masse noir-brunâtre, qui coulait à peine lorsqu'on retournait le verre.

Cette matière commençait à bouillir à 250° C., tandis que dans la vapeur le thermomètre marquait 210° C.

Comme l'abondance des écumes empêchait de distiller directement l'huile minérale de Bornéo, on la chauffa dans une capsule découverte, par petites portions et en agitant continuellement, jusqu'à ce que les écumes eussent disparu; 300 centimètres cubes de la matière ainsi débarrassée d'eau furent alors soumis à la distillation; pendant cette opération un thermométre resta plongé dans le liquide. Au commencement il passa encore de la vapeur d'eau; ce ne fut que lorsque le thermomètre marqua 160° C. que des traces de vapeur d'huile commencèrent à se montrer, mais en quantité si faible qu'il n'avait distillé

à 250° C.	que	2	CC.	ou	0,66	p. c.
„ 300° „	„	5	„	„	1,66	„
„ 350° „	„	35	„	„	11,66	„

le liquide condensé présentait une coloration jaune clair et était rendu trouble par la présence d'un peu d'eau; ce trouble dis-

parut par le repos, qui amena la séparation de quelques gouttes d'eau.

Le produit de la distillation, qui s'élevait à environ 12 p. c. de la matière débarrassée d'eau, montra au picnomètre, à 15° C., une densité de 0,9171; il commençait à bouillir à 240° C.; le thermomètre plongé dans la vapeur indiquait 210° C.

En continuant la distillation dans un fort courant d'acide carbonique, il passa encore 200 CC. ou 66 p. c. d'une huile brune, qui possédait à 15° C. une densité de 0,9556 [1]) et qui, refroidie à 0°, ne laissait déposer aucune matière solide. Poussée jusqu'au bout, la distillation donna un liquide brun, sirupeux, épais, que le refroidissement à 0° solidifiait en grande partie, et il resta dans la cornue une masse dure, noire et brillante.

B. Source près du dessa de Dandang-ilo, dans le district de Tinawoon, division de Bodjo-Negoro, résidence de Rembang.

Cette huile brune et très fluide avait à 15° C. une densité de 0,9177; la température à laquelle on observa une ébullition bien prononcée était de 180° C., tandis que le thermomètre marquait 140° C. au sein de la vapeur. Il est impossible toutefois de donner avec précision la température à laquelle ces huiles, mélanges d'une série d'hydrogènes carbonés homologues, commencent à bouillir; bien au-dessous de la température qui donne naissance à de grandes bulles de vapeur, venant crever à la surface, on remarque de petites bulles, qui doivent être attribuées en partie à des gaz dissous dans l'huile et en partie à des traces d'eau que l'huile a retenues.

La distillation dans un courant d'acide carbonique sec donna:

---

[1]) Les densités sont toujours rapportées à celle de l'eau à 4° C. prise pour unité; elles sont toutes obtenues au moyen du picnomètre.

au-dessous de 120°C.	— 0,17	p. c. en vol.	Produit distillé incolore, d'une densité de 0,1017 à 15° C., d'une odeur pénétrante; il commençait à bouillir vers 124°, pendant que le thermomètre plongé dans la vapeur marquait 110° C.
130° „	— 0,5	„ „ „	
140° „	— 1,7	„ „ „	
150° „	— 3,6	„ „ „	
160° „	— 4,0	„ „ „	
170° „	— 5,6	„ „ „	
180° „	— 7,7	„ „ „	
190° „	— 9,3	„ „ „	
200° „	— 10,0	„ „ „	
210° „	— 12,7	„ „ „	Produit distillé jaune clair, d'une densité de 0,8544 à 15°; l'ébullition commençait vers 180° C., le thermomètre plongé dans la vapeur marquant 165° C.
220° „	— 16,7	„ „ „	
230° „	— 20,6	„ „ „	
240° „	— 26,3	„ „ „	
250° „	— 30,0	„ „ „	
260° „	— 32,0	„ „ „	Produit distillé brun jaunâtre, d'une densité de 0,9024 à 15° C. et bouillant à 240° C.
270° „	— 35,3	„ „ „	
280° „	— 40,0	„ „ „	
290° „	— 45,0	„ „ „	
300° „	— 50,7	„ „ „	

En poussant la distillation encore plus loin, il passa un liquide brun rougeâtre, qui avait à 15° C. une densité de 0,9348 et qui bouillait à 285° C.

C. Source de Tjibodas-Tanggah, dans le district de Madja, division de Madja-Lengka, résidence de Chéribon.

Huile brune très fluide, qui possédait à 15° C. une densité de 0,8162. En chauffant, l'ébullition devint manifeste vers 135° C., mais des bulles s'élevaient déjà en grand nombre à une température beaucoup plus basse; le thermomètre plongé dans la vapeur marquait 118° C.

Dans un courant d'acide carbonique sec il passa à la distillation:

au-dessous de 100° C.	— 0,3	p. c. en vol.	Le produit distillé était incolore et limpide comme de l'eau; à 15° C. sa densité était de0,7582; il émettait de petites bulles de vapeur vers 80° C., mais n'entrait en ébullition qu'à 105° C., le thermomètre plongé dans la vapeur marquant 85° C.
120° „	— 0,7	„ „ „	
130° „	— 1,3	„ „ „	
140° „	— 2,0	„ „ „	
150° „	— 4,0	„ „ „	
160° „	— 6,7	„ „ „	
170° „	— 13,0	„ „ „	
180° „	— 17,0	„ „ „	
190° „	— 20,0	„ „ „	
200° „	— 23,0	„ „ „	
210° „	— 27,0	„ „ „	Le produit de la distillation était encore incolore; il possédait à 15° C. une densité de 0,7955 et commençait à bouillir vers 170° C.
220° „	— 28,5	„ „ „	
230° „	— 30,3	„ „ „	
240° „	— 33,0	„ „ „	
250° „	— 43,0	„ „ „	
260° „	— 50,0	„ „ „	Le produit distillé était jaune clair; sa densité à 15° C. s'élevait à 0,8235; il entrait en ébullition vers 242° C.
270° „	— 53,0	„ „ „	
280° „	— 55,5	„ „ „	
290° „	— 58,0	„ „ „	
300° „	— 63,5	„ „ „	
310° „	— 65,0	„ „ „	Le produit distillé, qui était coloré en brun jaunâtre, se solidifia en grande partie dans le réfrigérant, à une température de 10°C.
320° „	— 66,0	„ „ „	
330° „	— 67,0	„ „ „	

Il resta une masse d'un noir foncé, qui prit l'état solide en se refroidissant et qui ne fondait qu'entre 25° et 30° C. Cette masse, distillée à une température supérieure à 360° C., dans un courant d'acide carbonique, donna encore beaucoup d'huile brune, devenant butyreuse par le refroidissement, et finalement il ne resta dans la cornue qu'une très petite quantité de matière noire et brillante.

D. Source du dessa de Gogor, dans le district de Goenoeng-gending, résidence de Soerabaya.

Masse épaisse, sirupeuse, d'un brun noirâtre, qui, chauffée, commença à écumer vers 100° C., en émettant des vapeurs d'eau, et n'entra en ébullition que vers 190° C., tandis que le thermomètre plongé dans la vapeur marquait 170° C.

La densité de la matière, à 15° C., était de 0,9640.

En chauffant cette masse visqueuse à 50° ou 60° C., et la maintenant pendant quelque temps à cette température, on parvint à séparer la plus grande partie de l'eau et à obtenir une substance qui n'écumait plus fortement pendant la distillation, bien qu'au commencement il se formât encore de la vapeur d'eau qui rendait le produit de la distillation opalescent; ce produit possédait une odeur très forte. On obtint:

au-dessous de 140°C.	— 0,17	p. c. en vol.	Le produit était presque incolore, mais trouble; par le repos, de l'eau s'en sépara et il devint clair; il avait à 15° C. une densité de 0,8526; il bouillait à 162° C., pendant que le thermomètre plongé dans la vapeur marquait 140°C.
150° „	— 0,3	„ „ „	
160° „	— 0,5	„ „ „	
170° „	— 0,7	„ „ „	
180° „	— 1,0	„ „ „	
190° „	— 2,0	„ „ „	
200° „	— 4,0	„ „ „	
210° „	— 5,0	„ „ „	Produit d'un jaune-clair, d'une densité de 0,8683 à 15°C., bouillant à 195°C., tandis que le thermomètre plongé dans la vapeur marquait 180° C.
220° „	— 5,9	„ „ „	
230° „	— 6,7	„ „ „	
240° „	— 8,2	„ „ „	
250° „	— 10,0	„ „ „	
260° „	— 19,2	„ „ „	Produit brun jaunâtre, avec une fluorescence bleue très marquée; il possédait à 150 C. une densité de 0,9043 et entrait en ébullition à 250° C.
270° „	— 22,1	„ „ „	
280° „	— 26,0	„ „ „	
290° „	— 32,0	„ „ „	
300° „	— 37,8	„ „ „	

au-dessous de 310° C. — 39,3 p. c. en vol.	Produit brun foncé, d'une densité de 0,9450 à 15° C.
320° „ — 42,0 „ „ „	
350° „ — 46,0 „ „ „	

E. Source de Minjak-Lingi, dans la division de Lematang-Ilier, résidence de Palembang.

Cette masse épaisse, sirupeuse, d'un brun noirâtre, après avoir été préalablement dépouillée d'une grande partie de l'eau par le maintien à une douce chaleur, donna à la distillation, entre 100° et 150° C., encore plus de 1 p. c. en volume d'eau; vers 200° C. on obtint 2 p. c. et vers 250° C. 12 p. c. en volume d'une huile, dont la densité à 15° C. était de 0,8438 et qui présentait un point d'ébullition de 192° C. Ensuite:

au-dessous de 260° C. — 13 p. c. en vol.	Produit jaune clair, ayant à 150° C. une densité de 0,8812 et bouillant à 226° C.; ce liquide était doué d'une forte fluorescence bleue.
270° „ — 15 „ „ „	
280° „ — 20 „ „ „	
290° „ — 28 „ „ „	
300° „ — 33 „ „ „	

Au-dessous de 350° C. on recueillit encore 5 p. c. (37) d'un liquide jaune foncé, qui avait à 15° C. une densité de 0,8990 et qui bouillait à 248° C. En continuant à chauffer, il passa encore 50 p. c. (87) d'une huile brune, possédant à 15° C. une densité de 0,9351 et entrant également en ébullition à 248°; au-delà, le produit de la distillation se solidifia dans le réfrigérant.

F. Source près de Minjak-Tanah, Iliran et Banjoeasin.

Cette masse visqueuse, brun noirâtre, écumait fortement dès qu'on la chauffait un peu au-dessus de 100°; même en la maintenant pendant longtemps à une température de 50° à 60° C., l'eau qui s'y trouvait intimement mélangée ne voulut pas se séparer, de sorte que je fus obligé, comme dans le cas de l'huile décrite en A, de chauffer la masse par petites portions dans une capsule découverte, jusqu'à ce que les écumes — suite de la difficulté que les

bulles de vapeur d'eau éprouvent à se frayer un passage à travers une masse visqueuse — eussent cessé de se produire.

Dans la distillation il passa d'abord encore de la vapeur d'eau, et ce ne fut qu'à 200° C. environ que l'huile commença à distiller; ensuite on obtint:

au-dessous de 250° C.	— 3,6 p. c. en vol.	Huile jaune clair, ayant à 15° C. une densité de 0,8931 et bouillant à 238° C.
260° „	— 4,6 „ „ „	
270° „	— 5,7 „ „ „	
280° „	— 6,3 „ „ „	
290° „	— 7,2 „ „ „	
300° „	— 8,8 „ „ „	
310° „	— 9,0 „ „ „	Huile jaune ayant à 15° C. une densité de 0,8969 et bouillant à 286° C.
320° „	— 9,5 „ „ „	
330° „	—10,0 „ „ „	
340° „	—10,8 „ „ „	
350° „	—11,2 „ „ „	

Me trouvant à Paris vers la fin de 1867, j'appris de mon savant ami M. H. E. Sainte-Claire Deville que l'Empereur Napoléon l'avait chargé d'étudier à ses frais les propriétés des huiles minérales des diverses régions du globe, spécialement au point de vue de leur application au chauffage des machines, et qu'à cet effet il avait été mis en possession d'un appareil calorimétrique très coûteux. M. Deville voulut bien me proposer de déterminer pour moi le pouvoir calorifique des huiles minérales des Indes néerlandaises, et je m'empressai naturellement d'accepter cette offre bienveillante. J'envoyai donc à M. Deville environ 20 litres de chacune des huiles mentionnées sous A, B, C et D; les trois dernières de ces huiles furent seules étudiées, la matière provenant de Bornéo (A) n'ayant pu se prêter aux déterminations, à cause de sa viscosité et de l'abondance des écumes qu'elle produisait.

M. Deville a rendu compte de ses recherches dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences du 9 mars 1868 (T. LXVI,

pag. 443), du 15 février 1869 (T. LXVIII, pag. 349), du 1 mars 1869 (T. LXVIII, pag. 485) et du 22 mars 1869 (T. LXVIII, pag. 686).

Je crois qu'il ne sera pas déplacé de donner ici un extrait de ces communications, qui traitent aussi des produits de la distillation sèche de la houille, etc.

M. Deville a opéré la distillation dans un alambic en cuivre muni d'un serpentin, sans faire traverser le liquide par un courant de vapeur d'eau ou de gaz, et les indications thermométriques se rapportent non au liquide bouillant mais à la vapeur de l'huile. Il a déterminé la composition centésimale tant de l'huile brute que de l'huile distillée, cette dernière obtenue ordinairement au-dessous de 260° C. Il donne enfin la densité de l'huile brute, celle de l'huile distillée et celle du résidu de la distillation; la densité de l'huile brute a été prise à 0° et a une température voisine de 50° C., afin de pouvoir en déduire le coefficient de dilatation si considérable des huiles minérales; les expéditeurs tiennent ordinairement trop peu de compte de cette dilatation, à laquelle on doit attribuer un grand nombre des malheurs survenus, les vases remplis à une température inférieure ayant fait explosion lorsqu'ils étaient soumis ensuite à une température plus élevée.

L'appareil servant à déterminer le pouvoir calorifique des huiles, a été décrit par son inventeur, M. Paul Audouin, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1868, T. XV, pag. 30. Il consistait en un générateur tubulaire contenant 450 kilog. d'eau, dans lequel se trouvait placé un foyer en briques, complétement enveloppé par l'eau. La devanture de ce foyer était formée par une forte grille verticale en fonte, qui donnait accès dans le foyer aussi bien à l'huile qu'à l'air. L'huile sortait d'un vase de Mariotte pourvu d'un tube indicateur divisé en millimètres, de sorte qu'il était facile de constater le volume d'huile consommé; cette huile, dont un robinet réglait le débit, s'écoulait en filets minces le long des barres de la grille, ou elle se volatilisait. L'introduction de l'air, sous une pression déterminée, était réglée par un ventilateur mis en mouvement par une machine à vapeur;

préalablement, cet air était saturé de vapeur au moyen d'une pluie d'eau, et il était amené, par une couple de lampes de Bunsen placées sous le tuyau de conduite, à une température égale à celle des gaz qui s'échappaient par la cheminée.

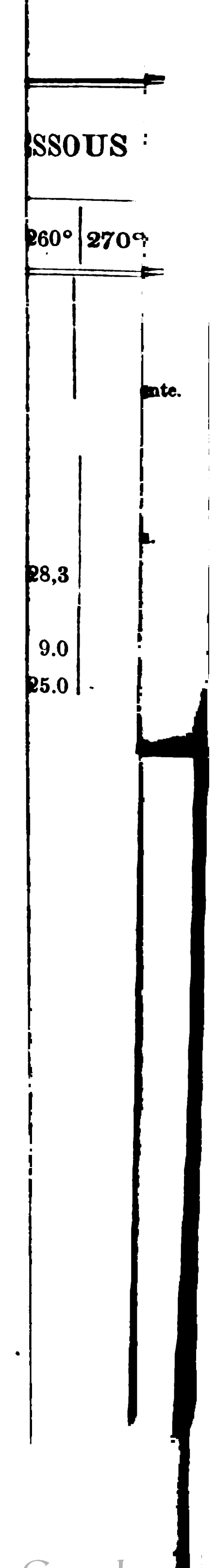
Le générateur lui-même, d'abord entouré complétement d'un revêtement en briques, était en outre isolé de l'air extérieur par une enveloppe de tubes de plomb, traversés par l'eau qui servait à l'alimentation de la chaudière. L'eau vaporisée dans la chaudière, après avoir été condensée au moyen d'un serpentin, se rendait dans des récipients divisés en centimètres cubes, d'où une pompe foulante la ramenait dans la chaudière, en lui faisant parcourir les tuyaux de plomb dont nous avons parlé et où elle prenait une température déterminée.

La fumée, les gaz et la vapeur d'eau provenant du foyer étaient conduits par des tubes entourés d'eau dans un condenseur également entouré d'eau, et de là dans la cheminée, où l'on examinait encore leur température; celle-ci était ordinairement d'une couple de degrés plus élevée que celle de l'air ambiant, raison pour laquelle, comme il a été dit plus haut, l'air destiné à la combustion de l'huile était porté préalablement à la température des gaz qui s'échappaient par la cheminée. L'eau servant à refroidir les produits de la combustion se mouvait en un courant continu; on déterminait sa température à l'entrée et à la sortie de l'appareil, et on mesurait également son volume.

De cette manière la détermination exacte de la chaleur de combustion des huiles devenait très facile; la chaleur spécifique de l'oxygène et celle de l'acide carbonique auquel il donnait naissance étant égales, l'azote ayant la même température à son entrée et à sa sortie, et ces gaz étant, avant et après, également saturés de vapeur d'eau, la chaleur de combustion Q était donnée par la formule

$$Q = \frac{(637 - T)\,P + K\,(t - t')}{M},$$

dans laquelle P représente le poids de la vapeur formée dans le générateur, K le poids de l'eau employée pour refroidir les pro-


SSOUS
260°
270°
nte.
28,3
9.0
25.0

duits de la combustion, t' la température de l'eau à son entrée dans le réfrigérant, t la température de cette eau à sa sortie du réfrigérant, M le poids de l'huile brûlée.

L'expérience était continuée pendant trois heures après le moment où $t - t'$, P et M étaient devenus tout à fait constants.

Ces expériences ont appris que pour les huiles minérales qui ne renferment pas d'oxygène, la valeur de Q était toujours plus faible que celle à laquelle conduisent la loi de Dulong et les chaleurs de combustion de l'hydrogène et du carbone d'après MM. Favre et Silbermann, tandis que pour les produits oxygénés de la distillation sèche de la houille la première valeur était au contraire plus élevée que la seconde.

J'extrais des résultats de ces recherches sur le pouvoir calorifique des huiles minérales les chiffres qui se rapportent aux trois huiles que M. Deville avait bien voulu étudier pour moi :

	B.	C.	D.
Poids de l'huile brûlée.............	8,252 Kos.	8,932 Kos.	7,934 Kos.
Vapeur d'eau produite..............	124, Kos.	122, Kos.	112, Kos.
Température de l'eau condensée......	17°,8	16°,9	16°,8
Poids de l'eau employée pour refroidir les produits de la combustion......	1075 Kos.	622 Kos.	669 Kos.
Différence de température de cette eau à l'entrée et à la sortie,...	10°,83	15°,3	16°
Température de la cheminée.........	118°,	119°,	128°
Température des gaz au moment où ils quittent la cheminée..............	22°,5	25°,2	23°,2
Température de l'air employé pour la combustion......................	22°,8	25°,2	24°
Calories de la vapeur...............	9306	8469	8754
» de la cheminée............	1410	1053	1349
Pouvoir calorifique.................	10716	9522	10103
Eau vaporisée par 1 K°. d'huile......	15,024 Kos.	13,658 Kos.	14,116 Kos.

Dans le tableau ci joint on trouve condensés les résultats du travail considérable exécuté par M. Deville sur 41 huiles différentes.

La comparaison de ces résultats montre que, en ce qui concerne le pouvoir calorifique, l'huile minérale de Rembang (notre numéro B) surpasse toutes les huiles examinées par M. Deville, tandis que celle de Soerabaija (notre numéro D) prend place à côté des meilleures. La valeur commerciale de l'huile minérale brute se règle toutefois d'après les quantités de naphte et d'huile d'éclairage qui peuvent en être retirées par la distillation; or, sous ce rapport, les échantillons d'huiles minérales des Indes orientales qui ont été étudiés, à l'exception de celui de Chéribon, sont inférieurs à la plupart des autres.

Mais, on ne doit pas perdre de vue que les échantillons dont il s'agit ont été recueillis à la surface du sol, où probablement ils étaient restés exposés pendant un temps plus ou moins long à l'action volatilisante des rayons solaires, tandis que la plupart des huiles minérales, d'Amérique et d'Europe, étudiées par M. Deville, étaient extraites de puits creusés à une profondeur de 100 à 220 mètres.

M. Deville a encore fait connaître le résultat d'expériences exécutées sur le yacht impérial „le Puebla," ainsi que sur une locomotive du Chemin de fer de l'Est, d'une force de 300 chevaux et marchant avec une vitesse de 60 à 70 kilomètres par heure. Dans ces expériences, le grand avantage que présentent les huiles minérales pour le chauffage des chaudières a été mis en pleine évidence; les huiles épaisses et visqueuses, qui n'offrent absolument aucun danger de trop grande inflammabilité, sont celles qui conviennent le mieux pour cet usage; ces huiles doivent même, chauffées à 100° C., éteindre un corps enflammé qu'on y plonge.

CONCLUSION.

Dans nos colonies des Indes orientales on trouve en beaucoup d'endroits des sources de pétrole. Parmi les huiles qu'on a pu examiner, et qui avaient été rassemblées à ciel ouvert, après avoir subi des influences variées de vaporisation, d'oxydation par l'air, etc., il y en a plusieurs, il est vrai, que la perte de leurs principes les plus volatils a rendues épaisses et visqueuses, de sorte qu'elles se rapprochent davantage des matières connues sous le nom de *goudron minéral*; en outre, les recherches faites par ordre du gouvernement ont appris que le produit de la plupart des sources n'est pas très considérable. Néanmoins, l'étude chimique a prouvé que l'huile minérale de Rembang et surtout celle de Chéribon se rangent parmi les pétroles de qualité supérieure; d'un autre côté, l'expérience acquise en Amérique et dans beaucoup d'autres contrées montre que souvent des sources, qui à la surface ne rendaient que peu de chose, fournissent des quantités immenses d'un produit beaucoup plus fluide lorsque par des forages on a atteint le gisement même de l'huile. D'après ces considérations, il est permis de croire que les sources des Indes orientales, si elles étaient l'objet de recherches dirigées avec intelligence et persévérance, pourraient mettre au jour une grande richesse de pétrole. Par là, non seulement une nouvelle branche de commerce et d'industrie serait ouverte à nos colonies; mais encore, vu surtout l'application de l'huile minérale à la fabrication du gaz d'éclairage et à la production de la vapeur, le développement général de l'industrie et de la navigation à vapeur pourrait prendre un essor inconnu jusqu'ici dans ces contrées si richement dotées par la nature mais encore si peu exploitées par l'homme.

NOTE SUR

L'HISTOIRE NATURELLE DES CHITONS,

PAR

W. MARSHALL.

Les Chitons, un groupe singulier et remarquable d'animaux, sont depuis longtemps pour les zoologistes l'objet du plus vif intérêt et des controverses les plus animées.

Ils ont subi des vicissitudes systématiques variées et considérables: regardés tantôt comme des Crustacés, tantôt comme des Mollusques, tantôt même comme des Annélides, ils sont classés aujourd'hui, bien que toujours avec un certain doute, parmi les Gastéropodes.

Ces contradictions, auxquelles s'en joignent beaucoup d'autres concernant les données anatomiques, m'ont engagé à soumettre ces animaux à une étude aussi soignée que possible; ce sont les premiers résultats de cette étude, lesquels se rapportent principalement à la structure du test, que je vais faire connaître.

1°. Structure macroscopique du test.

Nous possédons sur l'architecture du test des Chitons deux travaux importants: l'un se trouve dans la grande monographie de M. Middendorff [1]), l'autre a été publié par M. J. E. Gray [2]).

[1]) Middendorff, *Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg*, Sc. nat. Sér. VI, T. VI, 1849, p. 67.

[2]) J. E. Gray, *Philos. Transact.*, London, part I for 1848, p. 141.

Ces deux savants s'éloignent beaucoup l'un de l'autre dans leur manière de voir. M. Gray regarde la dernière valve comme homologue de la coquille des Patelles et comme étant la plus complète de toutes; les autres valves, surtout la première, seraient plus ou moins incomplètes et ne formeraient qu'une espèce d'appendice. L'auteur résume les résultats essentiels de son travail dans les cinq points suivants:

1°. Au lieu d'une valve unique, comme celle de la plupart des Gastéropodes, les Chitons montrent une série de valves plus ou moins complètes, situées en avant de la coquille normale; la valve antérieure est la plus imparfaite; toutes se recouvrent à la manière des tuiles d'un toit.

2°. Outre cette multiplicité des valves dorsales, le bord du manteau est encore couvert d'un grand nombre de valves rudimentaires, sous forme d'écailles ou d'épines.

3°. Ces épines sont quelquefois réunies en faisceaux, qui sont disposés symétriquement le long du bord du corps.

4°. Les valves des Chitons normaux, lesquelles se présentent en partie à nu, sont pourvues sur cette partie de deux couches de revêtement, telles qu'on ne les observe chez aucun autre Mollusque; de ces deux couches, l'inférieure a une structure poreuse, et elle remplit les fentes régulières qui traversent ordinairement la couche plus profonde.

5°. Les valves de ces Mollusques, au lieu d'être simplement placées à la surface du manteau et d'être unies au corps de l'animal par des muscles, pénètrent par leurs extrémités dans la substance cartilagineuse du manteau.

M. Middendorff, à qui nous devons aussi une terminologie très judicieuse des valves des Chitons, soutient, de son côté, que c'est l'ensemble de ces valves qui doit être considéré comme l'équivalent de la coquille des Patelles; cette opinion est partagée par M. Clark [1]).

Dans ce qui suit j'adopterai sans modification la terminologie

---

[1]) Clark, *Ann. and Magas. of Nat. hist.* 1853, II Sér., Vol. XI, p. 274.

de M. Middendorff. Bien que la description donnée par cet auteur soit de tout point excellente, je crois pourtant qu'il ne sera pas superflu d'en présenter une de mon côté; d'une part parce que, depuis les recherces de M. Lovèn [1]) sur le développement des Chitons, maintes particularités se présentent sous un jour différent, et d'autre part parce que, sans la connaissance exacte de la conformation macroscopique des valves, leur structure microscopique serait difficilement intelligible.

Tous les Chitons ont huit valves; six de ces valves, savoir la seconde jusqu'à la septième, sont construites d'après un même type, tandis que la première et la dernière s'éloignent des autres par leur conformation. Chacune des huit valves se compose, dans le sens horizontal, *d'au moins* quatre pièces. Dans le sens vertical, elles sont formées, à peu d'exceptions près (Cryptochiton), de deux couches. La couche inférieure, l'*articulamentum*, fait saillie en avant et sur les côtés, — aussi en arrière dans la dernière valve, — s'insère par ces prolongements dans certaines parties du manteau, en forme de poches, et établit ainsi les liaisons avec le reste du corps. La couche supérieure, le *tegmentum*, est à découvert et porte les couleurs et les sculptures.

Je commencerai la description spéciale par les valves du milieu, vu que celles-ci ont la structure la plus simple, et que la première et la dernière valves se montrent en partie conformées sur le même plan.

Chacune des valves intermédiaires se compose de quatre plaques triangulaires, qui concourent par leurs angles aigus au bord postérieur de la valve. Les deux plaques du milieu, *articuli antici*, paraissent se souder entre elles de très bonne heure durant la période embryonnaire; toutefois, sur la face inférieure, une ligne de pores, *sutura mediana*, constitue la trace permanente de la séparation primitive. Chacune de ces deux plaques envoie en avant un prolongement, *ala articuli antici*, qui sert à la connexion avec le reste du corps; le sinus entre ces deux prolongements

[1]) Lovèn, *Archiv f. Naturgeschichte*, 1856, p. 206—210.

est ce qu'on appelle l'*incisura mediana*. La soudure des deux triangles postérieurs, *articuli postici*, avec les deux antérieurs ne se fait chez l'embryon que très tardivement, et jusque dans l'âge le plus avancé on retrouve entre les prolongements latéraux de l'articulament, *alae articuli postici*, et les *alae articuli antici* une échancrure nettement accusée, l'*incisura lateralis*; à la face inférieure on remarque en outre, faisant suite à cette échancrure, une ligne de pores permanente, la *sutura lateralis*.

Le mode de construction de la valve se reconnaît aussi fort bien dans la sculpture du tegment. On voit ici, en effet, trois triangles très distincts: celui du milieu, plus grand et de forme isocèle, a sa base placée au-dessous du bord postérieur de la valve précédente; la partie médiane de ce triangle est unie et a reçu de M. Middendorff le nom de *mucro*; les parties latérales sont chargées, suivant les espèces, tantôt de côtes, tantôt de tubercules; ce triangle correspond dans son ensemble aux *articuli antici* et est appelé *area centralis*; le *mucro* recouvre la *sutura mediana*. Aux côtés ascendants de ce triangle se joignent par leurs hypothénuses deux autres triangles, rectangles, dont les grandes cathètes forment le bord postérieur de la valve, tandis que les petites touchent le bord latéral du manteau; ces deux triangles sont toujours couverts d'ornements dans toute leur étendue, mais ces ornements affectent une autre distribution que sur le triangle central; ces triangles, qui correspondent aux *articuli postici*, portent chez M. Middendorff le nom de *areae laterales*.

La première valve se compose également de plaques triangulaires, mais, au lieu de quatre, nous en trouvons ici un nombre beaucoup plus considérable. Au bord antérieur, demi-circulaire, les plaques de l'articulament font saillie sous forme de dents, *apophyses buccales*, qui sont fixées dans des poches palléales; les vides qui restent entre ces apophyses sont les *incisurae buccales*; au bord postérieur de la valve les plaques se joignent par leurs sommets. Ici encore, la séparation primitive est attestée par des lignes de pores, *suturae buccales*, qui existent sur la face inférieure, entre les *articuli buccales*; sur la face supérieure du

tegment la composition de la valve se trahit également par la disposition des sculptures.

Bien que constituée par l'union de pièces beaucoup plus nombreuses, la première valve montre pourtant un groupement des parties plus ou moins distinct, analogue à celui qui caractérise les valves intermédiaires. Chez l'embryon elle est pourvue sur les côtés de fentes profondes, et ce caractère, persistant jusque dans l'âge adulte, s'offre de la manière la plus nette dans une valve antérieure de *Chiton piceus*, que j'ai devant moi. Cette valve se compose en tout de neuf plaques, dont cinq ne sont séparées au bord antérieur que par des incisures légères et fournissent dans leur ensemble l'équivalent des *articuli antici* des valves intermédiaires; viennent ensuite de chaque côté deux autres plaques, séparées des plaques du milieu par des incisures plus fortes, et qui forment la partie correspondante aux *articuli postici*.

La valve extrême du côté postérieur montre la réunion des plans de structure de la première valve et des valves intermédiaires. Elle consiste comme la première en toute une série de plaques triangulaires, *articuli anales*, qui apparaissent ici au bord postérieur de la valve, comme *apophyses anales*, séparées également par de courtes entailles, *incisurae anales*; entre les plaques s'étendent des lignes de pores, *suturae anales*. Les deux plaques de devant se comportent comme les *articuli antici* des valves intermédiaires, attendu que l'articulament se prolonge ici également en ailes destinées à fixer cette partie du test au reste du corps. Nous trouvons donc ici comme dans les autres valves trois parties constituantes principales; il est vrai que la confirmation embryogénique manque encore à cette assertion, les figures de M. Lovèn ne permettant pas de reconnaître si la dernière valve porte des fentes latérales.

Il résulte de ce qui précède, que toutes les valves, ainsi qu'il a été dit plus haut, se composent au moins de quatre parties. Je présume toutefois que les valves intermédiaires comprennent aussi un plus grand nombre de plaques, qui seulement se confondraient entre elles à une époque très peu avancée de la vie;

du moins, je crois avoir trouvé dans l'étude microscopique un argument direct à l'appui de cette manière de voir. C'est un point sur lequel nous reviendrons plus loin.

2°. Structure microscopique du test.

Tandis que, au point de vue macroscopique, les tests des Chitons ont été étudiés, au moins en partie, avec beaucoup de soin, on ne possède que des notions fragmentaires sur leur structure microscopique. M. Gray parle de trois couches dans les valves, et il donne le nom de couche poreuse à celle du milieu. M. Middendorff se borne à un petit nombre d'observations et de figures (planche X de son Mémoire); la plus intéressante de celles-ci est la figure 6, qui représente une coupe transversale, polie, d'une valve entière, et au sujet de laquelle l'auteur dit dans l'Explication des planches: „on voit que les pores (qui pénètrent dans la suture médiane) sont les ouvertures de canaux, qui traversent toute l'épaisseur de la valve et se remplissent d'une masse poreuse, d'apparence crayeuse." Dans son mémoire sur la structure du test des Mollusques, M. Carpenter ne fait pas mention des Chitons; dans son dernier ouvrage [1]), il dit, sans entrer en plus de détails, que les exceptions principales au plan de structure général des coquilles des Gastéropodes s'observent chez les genres *Patella*, *Chiton*, *Haliotis* et *Turbo*.

Pourtant les tests des Chitons sont aussi très remarquables quant à leurs caractères microscopiques; sous ce rapport aussi, ils s'éloignent complétement de la structure des coquilles des autres Mollusques.

Chaque valve se compose, comme il a déjà été dit, de deux couches principales, l'articulament et le tegment; ce dernier est en outre recouvert d'un épiderme.

L'articulament est particulièrement riche en matière inorganique et forme la partie essentielle de la valve. Il se subdivise en quatre

[1]) Carpenter, *The Microscop* etc. London, 1868, 4e. éd., p. 604.

couches bien distinctes, qui se présentent de la manière suivante sur une section verticale menée suivant la longueur de *l'articulus anticus* de la deuxième valve d'un *Chiton piceus*.

La couche la plus profonde est épaisse de 0,16 mm. et consiste entièrement en prismes calcaires déliés, qui sont placés perpendiculairement à l'axe de l'animal. On voit alternativement des zones plus claires et plus foncées, que j'avais regardées d'abord comme représentant autant de couches spéciales; mais je me suis assuré depuis que la diversité d'aspect ne repose que sur des différences de coloration.

La deuxième couche est la plus épaisse; elle atteint 0,5 mm. et est formée d'une masse notablement plus dure que celle des autres couches. Je n'ai pu y découvrir aucune structure propre, si ce n'est une granulation fine, analogue à celle que montrent sur une coupe polie les coquilles des Anatifes. Elle a l'aspect de la porcelaine, est translucide et habituellement blanc bleuâtre; ce n'est que chez les espèces à coloration intense qu'elle participe légèrement à la teinte du tegment; c'est ainsi, par exemple, qu'elle devient d'un rougeâtre clair chez le *Chiton bruneus*, espèce d'un brun rouge foncé. La texture granuleuse ne se perd qu'au voisinage des canaux dont il sera question plus loin et qui sont entourés d'une masse complétement homogène.

La troisième couche, d'une épaisseur de 0,46 mm., ressemble beaucoup à la première et est, comme elle, constituée uniquement par des prismes calcaires déliés, qui affectent également une direction perpendiculaire à l'axe de l'animal. Je n'ai pu réussir à déterminer l'épaisseur de ces prismes, vu que, à travers leur masse transparente, se dessinent les contours des prismes situés plus profondément, de sorte que la couche entière prend un aspect finement strié. On parvient le mieux à mettre leur existence hors de doute, au moyen de coupes pratiquées un peu obliquement à leur axe longitudinal; on obtient alors des dessins tels que celui représenté figure 3, pl. V.

M. Middendorff donne, planche X fig. 7, une coupe de *Chiton magnificus*, *a b*, qui est conduite dans cette direction; il obtient

ainsi, en *b*, ce qu'il appelle „une coupe transversale de la couche onduleuse, en forme de cellules", mais qui n'est autre chose qu'une section oblique à travers les prismes calcaires. Dans la même figure nous voyons en *a* une coupe transversale de la couche précédente; les fines stries longitudinales que celle-ci montre chez M. Middendorff doivent sans doute être attribuées uniquement à l'opération de la taille.

La couche supérieure de l'articulament est d'une texture très particulière. Lorsqu'on a enlevé sur la meule le tegment d'une première valve du test, on reconnaît sous le microscope que chaque *articulus buccalis* se compose d'un certain nombre de *triangles étroits* (jusqu'à 10), dont les pointes convergent dans la pointe de l'article. Chacun de ces triangles est constitué à son tour, dans le sens de la longueur, par des baguettes plus ou moins nombreuses; celles-ci ont successivement la largeur que présente le triangle au point qu'elles occupent; chacune d'elles, à partir du sommet du triangle, s'engage par son extrémité dans une entaille ou rainure de la suivante. La longueur de ces baguettes varie: celle qui est la plus rapprochée du bord de la valve est la plus longue, et à mesure qu'elles s'éloignent de ce point elles deviennent de plus en plus courtes, de sorte que la plus grande largeur va de pair avec la plus grande longueur. Quant à leur structure intime, elles montrent un dessin en forme de plume; le tuyau de cette plume est l'axe de la baguette, et les barbes sont insérées sur le tuyau sous un angle de 45°, parallèlement aux bords de l'entaille dont il a été question ci-dessus. A mon avis, ce dessin en barbe de plume est aussi le résultat d'un groupement particulier de petits prismes calcaires.

Il ne m'a pas été possible de tailler cette couche en lames assez minces pour qu'on pût y appliquer avec succès un grossissements plus fort et obtenir ainsi les confirmations désirables; les baguettes ne résistent pas à la pression continue à laquelle elles sont nécessairement soumises pendant la taille, et, par suite de leur faible adhérence, elles se désagrègent très promptement.

Dans les valves intermédiaires les quatre *articuli* sont constitués

de la même manière, mais les triangles sont ici, bien entendu, plus nombreux; ils se rencontrent au sommet de chaque article, vers le bord postérieur de la valve; ils manquent sous le *mucro*, qui recouvre, comme on sait, la suture médiane.

Les *articuli anales* de la dernière valve offrent une disposition tout à fait analogue à celle des *articnli buccales*.

La couche principale suivante est le tegment. Il est ordinairement d'une couleur uniforme et intense; beaucoup d'espèces montrent bien à la face supérieure des taches et des raies, mais le siége de celles-ci est exclusivement limité à l'épiderme. Le tegment est riche en matière organique; il mesure 0,7 mm. d'épaisseur sur la coupe transversale d'une valve d'un grand Chiton vert du Pérou.

Ce que cette couche offre de plus singulier toutefois, c'est un système de canaux qui la traverse. Lorsqu'on examine à un faible grossissement une valve de Chiton pourvue de son tegment, par exemple une valve de l'élégant *Ch. Cajetanus*, on remarque des fossettes rondes peu profondes, distribuées régulièrement, et dans chacune desquelles on distingue un nombre plus ou moins grand (8—15) de fines ponctuations, qu'on dirait faites avec la pointe d'une aiguille. Si maintenant, à l'aide de la pierre à aiguiser, on enlève une petite partie du tegment, on voit que ces ponctuations au fond de chaque fossette sont les orifices d'autant de petits tubes courts et extrêmement fins, qui prennent leur point de départ à l'une des extrémités d'une cavité ovale; au pôle opposé de cette cavité débouche un canal fin, lequel n'est lui-même — comme on le reconnaît en continuant à enlever de la matière — qu'une branche d'un autre canal plus considérable. Ces canaux primaires, qui se divisent fréquemment durant leur trajet, montent dans la première valve à travers les pores des sutures buccales, puis se replient en partie à droite et en partie à gauche, de sorte que chaque *articulus* reçoit des canaux de deux sutures à la fois; en outre, ces canaux s'insinuent, tout le long du bord antérieur, entre l'articulament et le tegment; dans les *articuli* du bord postérieur, lesquels ne touchent que d'un côté à une suture, ces derniers canaux prennent un développement plus considérable.

Dans leur cours les canaux primaires émettent, à des distances passablement régulières, toute une série de canaux d'embranchement, lesquels s'élèvent verticalement et, après avoir donné naissance à un renflement, se subdivisent et percent la valve, comme il a été dit plus haut. Les canaux primaires se rétrécissent d'autant plus qu'ils s'éloignent davantage du point d'entrée, et finalement ils se terminent exactement de la même manière que les canaux d'embranchement.

En ce qui concerne les six valves suivantes, les canaux primaires pénètrent dans les *articuli antici* par le bord antérieur et par une partie des pores qui occupent la suture latérale; une autre partie de ces pores donne accès aux canaux destinés aux *articuli postici*, lesquels en reçoivent en outre de la partie latérale cachée sous le manteau.

Dans les *articuli anales* les canaux montent à travers les pores des sutures anales, tout comme ils arrivent par les sutures buccales dans la première valve et par les sutures latérales dans les valves intermédiaires; les deux articles du devant sont en outre pourvus de canaux qui pénètrent par le bord antérieur; le bord postérieur donne également accès à des canaux sur tout son contour.

Les mesures suivantes ont été prises sur un *Chiton Cajetanus:*

Longueur des petits tubes terminaux. . .	0,08	mm.
Longueur du renflement.	0,12	„
Largeur „ „	0,07	„
Longueur des canaux d'embranchement .	0,25—0,4	„
Largeur „ „ „ .	0,01	„
Largeur maximum des canaux primaires.	0,16	„

Sans vouloir émettre une opinion arrêtée sur la signification physiologique de ces canaux, je ferai remarquer que je les ai trouvés souvent tapissés d'une fine membrane, laquelle m'a paru analogue aux prolongements du manteau qui s'introduisent dans le test des Balanides et des Brachiopodes; dans cette hypothèse, les canaux serviraient peut-être en quelque sorte à la respiration.

En traitant les valves par l'acide chlorhydrique, — ce qui

donne lieu, de la part du Chiton du Pérou déjà plusieurs fois cité, à une coloration vert clair de la liqueur, — on obtient la matière organique sous forme de membranes plissées, très fines, dans lesquelles je n'ai pu reconnaître aucune structure particulière. Mais on distingue en même temps des tubes membraneux très déliés, que je dois regarder comme provenant du système de canaux, et qui me confirment dans l'idée que ceux-ci sont occupés par des prolongements du manteau; les tubes que j'ai observés paraissaient avoir tapissé les renflements des canaux; c'est du moins ce qu'indiquaient leur position et leur distribution, ainsi que leur diamètre, trop considérable pour qu'ils pussent provenir des autres parties du système de canaux.

L'épiderme est indifférent à l'action des acides, et il ne m'a offert également aucune trace d'une structure propre. Il est à remarquer que, chez beaucoup d'espèces au moins, il ne semble pas recouvrir les fossettes où débouchent les canaux.

Au commencement de mes recherches, et tenant compte surtout de la structure toute spéciale des valves, j'inclinais à en revenir, pour ce qui regarde les affinités des Chitons, à l'ancienne opinion, qui les rapprochait des Cirripèdes. Une étude plus approfondie a rectifié mes vues: aujourd'hui je regarde ces animaux comme de vrais Gastéropodes, et je partage l'avis de Goldfuss [1]), de M. Keferstein [2]) et de M. Haeckel [3]), qui en font une sous-famille de cette section. Ils forment comme les Nudibranches, les Cyclobranches, etc., un groupe spécial, bien caractérisé, pour lequel on pourrait remettre en honneur l'ancien nom de Goldfuss, „*Crepidopoda*".

Les Chitons ont, à mon avis, des affinités plus éloignées avec les Patelles qu'avec les Nudibranches. Si l'on se figure que chez un être semblable à une Doris ou à une Eolide les concrétions calcaires de la peau, si fréquentes dans ce groupe, se sont réu-

[1]) Goldfuss, *Handbuch der Zoologie*, erste Abtheil., 1820, p. 624.

[2]) Voyez: Bronn, *Classen und Ordnungen*, T. III, Part. 2, 1862—1866, p. 1031 et suiv.

[3]) Haeckel, *Gener. Morphol.*, T. II, pl. V. (un arbre généalogique).

nies en partie pour former des valves, que celles-ci ont réduit les branchies dorsales à quelques faibles restes, aux appendices palléaux logés dans le système des canaux, et qu'enfin des branchies ont pris naissance sur les côtés du corps, on obtient le prototype des Chitons d'une manière plus naturelle que si, partant des Patelles, avec lesquelles les Chitons n'ont en général que peu de particularités anatomiques en commun, on songe à une division (Middendorff, Clark) ou même à une multiplication (Gray) des valves.

Qu'il me soit permis, avant de finir, de faire connaître encore quelques observations préliminaires sur le foie des Chitons. Je trouve chez M. Schiff [1]) la singulière assertion, que le foie serait formé de deux boyaux engagés l'un dans l'autre, souvent réunis par une espèce de pont et s'ouvrant au voisinage de la bouche. Jusqu'ici je ne puis nullement confirmer cette assertion. D'après mes recherches, le foie des Chitons est construit tout à fait comme celui des Crustacés: il se compose d'un grand nombre de follicules en forme de boudin, qui sont groupés autour des conduits biliaires; ceux-ci se réunissent en conduits plus considérables, lesquels pénètrent, en grand nombre, dans toute la partie antérieure de l'intestin. Chez un jeune *Chiton squamosus?*, examiné à l'état frais, chaque follicule séparé se montrait entouré de muscles annulaires, qui formaient de distance en distance des bourrelets plus épais; outre ces muscles annulaires, il y avait aussi des muscles longitudinaux, plus faibles. J'ai aussi vu différentes fois, très distinctement, les follicules recouverts d'un réseau de vaisseaux capillaires. Le contenu des follicules consistait en grandes cellules claires et en une masse grumeleuse brunâtre.

Chez *Chitonellus* les follicules du foie étaient moins déliés que chez le Chiton; les muscles annulaires ne se réunissaient pas en bourrelets et n'étaient pas plus fortement développés que les muscles longitudinaux; sur les exemplaires conservés dans

[1]) Schiff, *Zeitsch. f. Wiss. Zool.*, 1857, p. 12 et suiv.



l'esprit-de-vin, que j'avais à ma disposition, le contenu des follicules se présentait comme une masse jaunâtre, dans laquelle se trouvaient épars çà et là quelques grains plus foncés.

Je me propose d'entreprendre, l'année prochaine, des recherches sur des exemplaires vivants et surtout, si le hasard me favorise, sur des embryons, afin de contrôler ce que je viens de dire et d'élucider différents points restés obscurs, et pour lesquels l'étude d'objets conservés dans l'alcool n'offre pas des ressources suffisantes.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Planche V.)

Fig. 1. Dessin schématique des valves; les lignes fines sinueuses indiquent les canaux primaires.

A. la première valve;

a. apophyses buccales, — *b. incisurae buccales*,
c. articuli buccales, — *d. suturae buccales*.

B. une des valves intermédiaires;

a. ala articuli antici, — *b. incisura mediana*,
c. sutura mediana, — *d. incisura lateralis*,
e. sutura lateralis, — *f. ala articuli postici*,
g. articulus anticus, — *h. articulus posticus*.

C. la dernière valve;

a. apophyses anales, — *b. incisurae anales*,
d. suturae anales, — *e. articuli anales*,
f. alae articulares.

Fig. 2. Section longitudinale, menée perpendiculairement à la surface, à travers un *articulus anticus* d'une valve intermédiaire :

a. couche inférieure, composée de petits prismes calcaires verticaux; en *a'* se marquent des raies plus foncées;

b. deuxième couche, homogène;

c. troisième couche, consistant également en petits prismes calcaires verticaux, et montrant en *c'* les raies plus foncées.

Fig. 3. Section oblique aux prismes calcaires qu'on voit en *c* dans la figure précédente.

Fig. 4. Section menée, parallèlement à la surface, à travers la couche supérieure; les baguettes qui composent les triangles sont en position naturelle; en *a* le sommet, en *b* la rainure.

Fig. 5. Structure de ces baguettes à un grossissement plus fort; on voit le dessin en forme de plume, qui est probablement le résultat du groupement de petits prismes calcaires.

Fig. 6. Surface d'une valve d'*Acanthochiton fascicularis;* on voit dans l'épiderme foncé des lacunes arrondies, disposées régulièrement en quinconce, et à l'intérieur de celles-ci des points très fins, qui sont les orifices de petits tubes.

Fig. 7. Section à travers un fragment d'une valve intermédiaire de *Chiton Cajetanus:*

x. portion d'un *articulus posticus*, *y* id. d'un *articulus anticus;*

a. *sutura lateralis*, avec les canaux qui en sortent;

b. b. canaux qui viennent du côté caché sous le bord du manteau; *c. c.* canaux qui viennent du bord antérieur de la valve.

Fig. 8. Schéma indiquant le cours des canaux:

a. canal primaire;

b. canal d'embranchement;

c. renflement;

d. petits tubes placés à l'orifice;

e. articulament;

f. tegment.

Fig. 9. Follicule hépatique d'un *Chiton squamosus* frais; on voit les muscles annulaires, qui se réunissent en bourrelets de distance en distance; en outre, des muscles longitudinaux, de grandes cellules claires et des grains foncés.

Fig. 10. Follicule hépatique du même animal, entouré d'un réseau de capillaires.

DEUX NOUVELLES TORTUES FOSSILES,

PAR

T. C. WINKLER.

M. le Dr. Winkler, conservateur de la partie paléontologique du Musée Teyler, à Harlem, a publié, il y a quelques mois, un travail monographique sur les tortues fossiles, dans lequel il donne les descriptions, accompagnées de figures, non-seulement de tous les restes de cet ordre que renferme la riche collection confiée à ses soins, mais aussi d'un certain nombre d'autres échantillons déposés dans divers musées étrangers. (V. *Archives du Musée Teyler*, T. II, p. 1—151, av. 33 planches).

Les espèces que l'auteur a étudiées sont au nombre de 9, savoir: *Chelonia Hoffmanni* Gray, *Chelydra Murchisoni* Bell, *Emys scutella* Von Meyer, *Emys Parkinsoni* Gray, *Emys Camperi* Gray, *Pleurosternon ovatum* Owen, *Testudo hemispherica* Leidy, *Trionyx Teyleri* Winkler et *Trionyx bruxelliensis* Winkler.

Parmi ces espèces, les deux dernières sont nouvelles pour la science. Dans l'impossibilité où nous sommes de reproduire en entier le mémoire de M. Winkler, nous nous bornons à en extraire la description des deux espèces nouvelles; nous ferons suivre cette description du résumé des observations de l'auteur sur la tortue de Maestricht, *Chelonia Hoffmanni* Gray.

Trionyx Teyleri Winkler.

Le fragment de pierre calcaire, provenu des carrières d'Oeningen, qui porte le numéro '8446 de mon catalogue [1]) est sans

---

[1]) *Catalogue systématique de la collection paléontologique du Musée Teyler*, Harlem 1863 — 1868.

contredit un des objets les plus remarquables de toute la collection paléontologique de notre musée. Il nous présente les restes fossiles d'une tortue, vus de la surface inférieure. Ces restes sont: quelques parties de la tête, de l'os hyoïde et de plusieurs vertèbres cervicales; des fragments de la carapace et du plastron, des os des bras et des jambes, les mains et l'un des pieds, avec les ongles caractéristiques.

Il paraît que l'animal a été enfoui couché sur le dos. Nous ne voyons rien de la carapace, à l'exception de plusieurs bouts non élargis de côtes. Ces organes ont l'air d'être composés de fibres: ils présentent beaucoup de ressemblance avec les faisceaux fibreux du plastron dont nous parlerons tout à l'heure. On compte huit de ces côtes, cinq au côté droit de l'individu, c'est-à-dire à gauche de l'observateur (à cause de la position renversée de l'animal) et trois au côté gauche. La plus longue côte a une longueur de 0,07 et une largeur de 0,015. Les trois dernières côtes au côté droit sont cachées en partie par quelques débris des os du bassin; la côte précédente est cachée presque entièrement sous un fragment du plastron, de sorte qu'on n'en voit que le bout extérieur, tandis que la première côte du même côté est recouverte d'un morceau de la roche calcaire, dans lequel se trouvent quelques osselets de la main droite. La dernière côte à gauche se voit à quelque distance du bord postérieur du plastron, elle a glissé partiellement sous cette partie du test ventral. Le bout de côte qui précède correspond, quant à sa manière d'être posé sous le plastron, au bout indiqué à droite; toutefois il est un peu plus long et plus large. Enfin, de la première côte à gauche nous n'apercevons qu'un fragment, parce qu'elle se cache pour la plus grande partie dans la couche pierreuse qui porte la main gauche entière de l'animal.

Naturellement, nous ne trouvons point de trace des pièces marginales: on sait que les trionyx ne possèdent pas de bordure osseuse autour du bouclier; tout ce qui est au-delà des côtes, vers le bord, n'est formé que de cartilage. Il est vrai qu'on rencontre quelquefois dans quelques espèces de trionyx vivants

des vestiges plus ou moins reconnaissables de pièces marginales, sous la forme de grains osseux placés dans l'épaisseur de ce cartilage; mais de ces grains osseux on ne découvre aucune trace dans notre échantillon fossile.

Du plastron de notre trionyx nous voyons quelques débris très-caractéristiques et supérieurement conservés. D'abord une impression très-visible dans la pierre, laissée par la première paire de pièces, les épisternaux, et par la pièce impaire, l'entosternal. On sait que les épisternaux des trionyx sont en forme de chevrons qui se regardent par leur angle, et que l'entosternal est un troisième chevron qui réunit les deux autres, en tournant son angle en avant. Les trois pièces prennent ensemble à peu près la figure d'un x, et cette disposition particulière est assez reconnaissable dans les impressions dont nous parlons en ce moment. Elles sont produites par la pointe postérieure gauche de l'entosternal et par des parties des épisternaux. Il me semble même reconnaître encore à côté de l'impression un petit débris de l'os épisternal gauche.

Les xiphisternaux se sont perdus tout à fait, mais en revanche nous avons ici l'écusson formé par l'hyosternal et l'hyposternal gauches en entier, et en même temps les parties externes de l'hyosternal et de l'hyposternal droits.

Il me semble que l'écusson osseux du côté gauche, composé des deux os dont nous venons de parler, a glissé avec sa partie interne tant soit peu en haut, ou, pour mieux dire, en avant. L'hyosternal, os d'une forme oblongue, arrondie aux pointes antérieures, est large de 0,09 et long de 0,026. L'hyposternal, arrondi à sa partie postérieure interne, nous montre une échancrure au côté externe, de sorte que cet os est beaucoup moins long dans la partie qui regarde à l'extérieur que dans celle qui lui est opposée. La largeur de cet os est la même que celle de l'hyosternal. La partie la plus longue a une largeur de 0,042, et la moins longue une largeur de 0,02. Ces deux pièces se joignent par une suture non dentelée, qui forme une ligne à peu près droite, légèrement courbée en avant. Elles s'unissent pour

constituer un disque à peu près carré, plus large que long. On sait que le bouclier du trionyx ne porte point d'écailles, comme la carapace et le plastron des autres tortues, mais qu'il se distingue surtout par les vermiculations ou les grains dont sa surface est bosselée. Nous observons de même ce signe générique dans notre *Trionyx Teyleri:* la surface du disque du plastron dont nous parlons est vermiculée partout, sauf sur les bords extérieurs des pièces. On croirait voir, en regardant ces vermiculations, une peau plissée et ridée en tous sens.

On sait que le plastron des tortues se forme, dans le premier âge, de rayons osseux dirigés en divers sens dans le disque encore cartilagineux. On sait qu'avec les progrès de l'âge ces rayons, dans les tortues de terre et d'eau douce, se joignent de toute part et forment un test compact. Mais chez les tortues de mer et chez les trionyx ces expansions rayonnantes ne se réunissent pas partout, et il y reste à quelques endroits, surtout au milieu du plastron, de grands vides qui ne sont remplis que par du cartilage. Il est évident que la même chose s'observe dans le plastron dont nous nous occupons: on y voit une série de ces rayons osseux rangés en faisceaux et se dirigeant du bord intérieur de l'hyposternal gauche vers l'espace vide qui a dû être rempli un jour par du cartilage.

A chaque angle du bout extérieur de l'écusson formé par l'hyosternal et l'hyposternal, on voit un faisceau de fibres osseuses ou d'apophyses rayonnées plus ou moins nombreuses. Ces faisceaux ont une longueur d'environ 0,03 et une largeur de 0,015.

Une rainure assez profonde et large, qui traverse l'hyposternal gauche, est purement accidentelle.

Je peux être bref en décrivant le reste d'écusson du côté droit du plastron. Ces débris de l'hyosternal et de l'hyposternal, avec les deux faisceaux fibreux aux angles extérieurs des pièces, sont en tous points pareils aux parties que nous venons de décrire; seulement ce reste me paraît se trouver dans sa position normale, et n'a pas glissé en avant comme l'écusson du côté gauche.

La tête du *Trionyx Teyleri* est d'une forme triangulaire, plus

longue que large, à museau pointu. De la mâchoire supérieure nous ne voyons que les bords cornés des maxillaires, entourant la pointe de la mâchoire inférieure: cette dernière se cachait donc dans la première, et le museau de notre tortue ressemblait par conséquent d'une manière frappante au bec d'un oiseau.

La mâchoire inférieure se présente ici avec les deux branches qu'on pourrait nommer ses dentaires. On reconnaît de même aisément les angulaires, qui forment le bord inférieur de la mâchoire. La suture qui sépare le dentaire et l'angulaire est très-visible. Les angulaires se lient avec les articulaires, qui servent pour l'articulation de la mâchoire supérieure. Tous ces os sont plus ou moins mutilés, surtout les articulaires, qui cachent peut-être les apophyses pour l'articulation de la mâchoire supérieure.

Quelques fragments d'os de la partie basilaire du crâne sont encore visibles, mais ils sont trop cachés dans la pierre pour me permettre d'en faire une description.

En arrière de la mâchoire inférieure se trouve à chaque côté un os long, courbé, à surface lisse, et, plus en arrière encore, une autre paire d'os d'un aspect tout à fait différent des premiers. Il paraît certain que nous voyons dans ces deux paires d'os les cornes moyennes et postérieures de l'os hyoïde. On sait que les cornes moyennes de l'os hyoïde des tryonix vivants adhèrent aux angles antérieurs du disque de cet os, et qu'elles sont des os longs, d'une seule pièce et arqués de manière que la cavité de l'arc regarde en dedans. Il semble que, pendant la putréfaction et la pétrification ultérieure de l'animal, les cornes moyennes de son os hyoïde sont tombées du disque de cet os, et qu'elles se sont renversées tout à fait, de sorte que l'arc est à présent en dehors, et que l'extrémité antérieure touche à l'articulaire de la mâchoire inférieure.

L'autre paire d'os nous présente les cornes postérieures de l'os hyoïde. Il paraît que la moitié supérieure de ces os est perdue tout à fait, à l'exception d'un fragment de la partie antérieure de la corne droite. L'intérieur de ces cornes est comme divisé en compartiments: il semble que le tissu osseux était partagé

en blocs séparés par des cloisons. On sait que les cornes postérieures, dans les trionyx vivants, sont plus larges et plus plates que les cornes moyennes, et qu'elles se prolongent par un cartilage, dans l'épaisseur duquel sont incrustés à la file un certain nombre de noyaux osseux, cinq ou six. Il me paraît vraisemblable que notre *Trionyx Teyleri* a eu les cornes moyennes de l'hyoïde pareilles à celles du trionyx de nos jours, et que nous avons à voir dans la structure particulière de ces cornes un des traits du rapprochement.

En arrière de la tête et de l'os hyoïde nous voyons une série de vertèbres cervicales. Toutes sont plus ou moins mutilées, et les parties qui sont restées ne nous présentent que des fragments du corps sans les apophyses. Il me semble que ces vertèbres sont concaves en avant, et convexes en arrière. Elles ont en général une longueur de 0,03.

A présent il nous reste à parler des os des extrémités. Il est bien heureux que précisément les osselets des mains et de l'un des pieds se soient conservés ici d'une manière exceptionnelle, car j'aurais appliqué avec infiniment moins de confiance le nom de trionyx à notre échantillon, si je n'avais eu sous les yeux les trois ongles caractéristiques. Il est vrai que, en dehors de ces signes certains du genre, nous avons encore ici les vermiculations du plastron, les faisceaux fibreux de l'écusson hyosterno-hyposternal, l'absence de pièces marginales, l'os hyoïde robuste, etc.; mais les ongles aux trois premiers doigts sont sans contredit des guides qui méritent beaucoup de confiance dans la détermination des tortues d'eau douce.

Dans un fragment d'os qui se cache sous le débris de l'épisternal gauche, je crois reconnaître une partie des os qui composent l'épaule de la tortue: il me semble y voir la bifurcation formée par l'omoplate et l'acromion, et je suppose que l'os coracoïdien est caché sous l'épisternal.

Du bras gauche on trouve une impression laissée par l'humérus, et du bras droit nous voyons une partie du corps de cet os long, qui a perdu ses extrémités articulaires. Il est évident

que l'humérus de notre trionyx est un os fort robuste, et qu'il a dû avoir une longueur d'au moins 0,05.

Le radius et le cubitus du côté gauche se présentent ici dans la position naturelle, c'est-à-dire, que le premier de ces deux os, le radius, dépasse le cubitus en longueur. La longueur du cubitus est de 0,035. Le radius est un peu plus long. Par le fragment de cubitus droit on peut juger que le bord externe de cet os est tranchant. La tête inférieure du radius gauche est coupée obliquement, en sorte que cet os semble être plus long au côté cubital. Il a donc subi une rotation sur son axe, car nous savons que dans les trionyx le radius est plus court au côté qui regarde le cubitus qu'à l'autre côté.

Je crois retrouver aussi un des deux os du premier rang des os du carpe, mais le fragment est trop mutilé pour qu'on puisse en acquérir la certitude. Tous les autres os carpiens et métacarpiens de la main gauche sont perdus, tandis qu'on voit encore quelques traces des os carpiens de la main droite.

Les os des doigts de la main gauche méritent surtout notre attention, à cause de leur état de préservation exceptionnel. Nous les voyons ici à peu près au grand complet. La première phalange du pouce manque, et de l'onguéal on ne trouve que l'impression, mais en revanche l'ongle très-robuste et très-large du pouce se voit en tous ses détails. Ensuite nous reconnaissons les trois phalanges et l'ongle du deuxième doigt; les trois phalanges longues avec l'ongle du troisième doigt; les quatre phalanges sans ongle du quatrième doigt; et enfin les trois phalanges du dernier doigt, aussi sans ongle. A cause de ces trois ongles on ne saurait méconnaître ici la main d'un trionyx, mais il se pourrait qu'on doutât du nombre des phalanges tel que je l'ai indiqué. On pourrait envisager les premières phalanges comme des osselets du métacarpe, et dans ce cas tous les doigts auraient une phalange de moins. Cependant, ce doute ne saurait subsister aussitôt qu'on regarde attentivement les faces articulaires de ces os. On sait que les métacarpiens de tous les vertébrés se distinguent des premières phalanges des doigts par une tête ronde,

une face articulaire antérieure convexe, tandis que les premières phalanges ont des surfaces articulaires plus ou moins concaves ou plates, mais jamais convexes. Nous voyons ici très distinctement les têtes articulaires non convexes de ces cinq osselets; par conséquent ces os ne peuvent être des métacarpiens, et les doigts de notre trionyx ont le nombre caractéristique de phalanges qu'on observe dans les autres espèces du genre.

De la main droite nous ne trouvons que quelques ossements séparés et dispersés, semblables tout à fait à ceux de la main gauche.

Il me semble reconnaître également un fragment des os qui constituent le bassin du *Trionyx Teyleri:* il se peut que ce soit un débris du pubis du côté droit, mais je ne saurais assurer que ma diagnose n'est pas erronée. J'ignore de même quel est l'os que nous voyons tout en arrière; est-ce une partie du bassin, ou bien est-ce un des os longs de la jambe, le tibia par exemple? Si c'est un tibia, alors l'animal a eu cette partie fort robuste: il est vrai, les os du bras se caractérisent aussi par un certain degré de grosseur, et les os du pied ne sont pas plus faibles que ceux de la main. Provisoirement, je nomme cet os le tibia.

Les os du tarse du pied droit ne sont pas propres à être décrits; mais ceux du métatarse, comme aussi les phalanges des doigts, sont si faciles à reconnaître, que ce serait peine perdue d'en faire une description détaillée. Seulement, je dois diriger l'attention sur la grosseur de la première phalange du pouce.

Le pied gauche a tout à fait disparu.

De l'examen de l'échantillon que nous venons d'étudier, il résulte que les signes caractéristiques de l'espèce sont les suivants:

Carapace non ossifiée jusqu'au bord. Les bouts libres des côtes fibreux. Pièces marginales inconnues, probablement manquantes.

Plastron mobile à peau vermiculée. Les écussons hyosterno-hyposternaux se joignent par des faisceaux fibreux l'un avec l'autre et, en dehors, avec la carapace.

Tête triangulaire pointue, plus longue que large. Le bout an-

térieur de la mâchoire inférieure se cache dans le bord corné de la mâchoire supérieure.

Os hyoïde à cornes moyennes et postérieures robustes.

Vertèbres cervicales longues, concaves en avant, convexes en arrière.

Os de l'épaule et du bras robustes; le radius dépasse le cubitus. Les trois premiers doigts portent des ongles; tous les doigts ont le nombre de phalanges qui caractérise les autres tortues du genre trionyx.

Os du pied comme ceux des trionyx vivants.

Trionyx bruxelliensis Winkler.

Tous les restes fossiles de tortues qu'on a rencontrés dans le système bruxellien, depuis les temps de Burtin, paraissaient jusqu'ici devoir être rapportés à une seule espèce de tortue d'eau douce, à l'*Emys Camperi*. Dans une visite que je fis, l'année dernière, au musée d'histoire naturelle de Bruxelles, mon attention fut attirée par un échantillon que je reconnus immédiatement pour appartenir à une famille toute différente, celle des trionyx, qui est peut-être la plus facile à distinguer parmi toutes les familles de cet ordre de reptiles. Grâce au désintéressement et à la bienveillance de M. le prof. E. Dupont, directeur du musée, je fus mis à même de faire une étude complète de cet intéressant fossile; la description qu'on va lire est le résultat de cette étude.

Au sujet de la couche qui avait fourni l'échantillon, je reçus de M. Dupont les renseignements suivants: „Cette tortue a été trouvée dans les dépôts de la base du terrain laekenien de Dumont. Ce terrain ravine profondément le terrain bruxellien. Il commence par une couche d'une consistance remarquable, renfermant des fossiles roulés bruxelliens, et notamment une énorme quantité de *Nummulites lœvigata*, ainsi que des fruits de *Nipadites*, des Emys, Gavials, etc.

„Le *Trionyx bruxelliensis* semble donc s'être développé ici pendant la période d'émergement caractérisée par ces fruits, etc."

D'après M. Dewalque [1]), cette couche inférieure du terrain laekenien de Dumont, dont M. Dupont fait mention dans sa lettre, forme l'étage supérieur du système bruxellien. Le savant géologiste liégeois dit en parlant du système que je viens de nommer: „Nous croyons devoir y faire rentrer, à l'exemple de Sir Charles Lyell, le gravier à *Nummulites lævigata* et le sable calcareux à *Nummulites variolaria*, que Dumont plaçait dans le système laekenien."

C'est donc dans l'étage supérieur du système bruxellien de Dewalque qu'on a trouvé la tortue dont nous allons nous occuper.

Le bloc de pierre qui la contient nous présente en premier lieu la majeure partie de la carapace, vue en dessus. Il paraît que ce bouclier dorsal a subi une forte pression avant ou pendant qu'il fut enseveli dans le limon de la mer bruxellienne, et que cette pression a produit une élévation des extrémités des pièces costales, de sorte qu'on voit maintenant une gouttière longitudinale assez profonde au milieu du bouclier; en d'autres mots, la carapace, qui certainement a dû être convexe ou tectiforme pendant la vie de l'animal, est à présent concave ou naviculaire. Par cette même pression, les pièces costales se sont éloignées tant soit peu les unes des autres, surtout aux extrémités extérieures, de sorte qu'elles gisent maintenant plus ou moins en éventail.

En passant à l'examen des divers os, nous devrions commencer par la pièce nuchale, mais malheureusement cette pièce intéressante manque totalement. C'est aussi le cas pour la série entière des pièces vertébrales, à l'exception toutefois d'une seule de ces pièces. A côté de l'échantillon principal, j'ai trouvé, dans la caisse qui contenait le fossile quand il me fut envoyé de Bruxelles, un certain nombre de débris d'os, et parmi ces fragments de pièces costales, d'os de la tête, des extrémités etc., j'ai rencontré deux morceaux d'une pièce vertébrale, que j'ai pu

---

[1]) G. Dewalque, *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, p. 203.

coller ensemble, de manière que nous avons maintenant cet os en entier. Son bord antérieur est semi-lunaire, les bords latéraux forment un angle obtus au tiers antérieur de leur longueur, et le bord postérieur forme une ligne courbe, de sorte que la partie postérieure a pu être insérée dans l'excavation de la pièce suivante. L'analogie nous apprend que cette pièce vertébrale est probablement la quatrième ou la cinquième de la série. On se rappellera que la pièce vertébrale des tortues n'est, à vrai dire, qu'un élargissement de l'apophyse épineuse de la vertèbre sous-jacente: en voyant la pièce dont nous parlons du côté inférieur, on y aperçoit très-distinctement le monticule longitudinal ou la longue bande qui a servi à réunir la pièce avec le corps de la vertèbre, à présent brisée.

A défaut d'autres restes de la série médiane, nous devons passer aux pièces costales. De ces pièces nous trouvons ici les deux séries presque complètes, et quoique la plupart soient disloquées plus ou moins, elles sont encore assez reconnaissables. Surtout, on est frappé d'abord des ondulations caractéristiques qu'on découvre partout sur la surface extérieure de ces écussons osseux. Quelques restes de la peau, se présentant comme une couche assez épaisse, bosselée ou vermiculée, se voient encore sur la moitié extérieure ou marginale de cinq pièces de la série gauche, tandis que la moitié intérieure ou vertébrale en est tout à fait dépourvue. Il se peut que cette partie de la pièce ait perdu sa couverture dermale pendant la putréfaction de l'animal; ce qui tend à le faire présumer, c'est qu'on découvre encore, comme nous venons de le faire observer, dans le haut de la pièce, des impressions peu profondes et des bosses allongées et peu saillantes, qui me semblent prouver qu'une peau vermiculée a aussi recouvert un jour cette partie.

La série droite de ces pièces consiste dans les sept premières à peu près entières et un fragment de la huitième. A la série gauche, au contraire, manquent la première, la deuxième et la moitié de la troisième pièce, tandis que la huitième est en entier. Je dis que la deuxième pièce manque ici; à vrai dire, elle

ne fait défaut que sur le bloc de pierre qui porte les autres: elle se trouvait parmi les débris épars dont j'ai parlé plus haut. J'aurais pu coller cette pièce sur la pierre, de manière à rendre la série complète à l'exception de la première pièce: un tout petit fragment du bord intérieur ou vertébral de la deuxième, qui subsiste encore sur la pierre, indique d'une manière fort précise la place qu'elle devait occuper. Mais je m'en suis abstenu, parce que j'aurais ainsi empêché complétement la vue des os de l'épaule, qui se trouvent plus bas dans la pierre.

Ce que je viens de dire de la deuxième pièce est également applicable à la moitié inférieure de la troisième. Cette partie se trouve aussi détachée de la pierre, et pourrait de même y être collée, si on le jugeait convenable.

Les troisième et quatrième pièces des deux séries sont les plus longues; les cinquième et sixième sont plus courtes, la septième est encore plus courte, et la huitième est la plus courte de toutes. En même temps, la forme de ces pièces change considérablement: parallélogrammatique dans les premières, elle devient à peu près triangulaire dans les deux dernières, surtout dans la huitième.

En général, on peut dire que la pièce est un peu plus large à son bord extérieur qu'à son bord vertébral.

Toutes les pièces costales ont été unies l'une à l'autre par des sutures dentelées finement.

Au milieu du bord extérieur de quelques pièces on voit l'apophyse qui caractérise les pièces costales des trionyx. Cette apophyse n'est qu'un prolongement de la côte, comme la pièce elle-même n'est qu'un élargissement de cette même côte.

On sait que les trionyx du temps actuel ne sont pas pourvus d'une bordure osseuse autour de la carapace, comme les membres des autres familles de chéloniens. De même, on n'aperçoit point de traces de pièces marginales dans le *Trionyx bruxelliensis*.

Je n'ai pu trouver un seul indice du plastron, ni dans le bloc de pierre principal, ni parmi les débris d'os qui l'accompagnaient.

Parmi les débris détachés j'ai rencontré un des os qui entrent dans la composition du crâne. C'est l'os auquel Cuvier, que nous

suivons dans cette description, applique le nom de caisse. C'est la caisse du côté gauche que nous avons à étudier.

On sait que cet os forme à l'extérieur un cadre osseux qui, pendant la vie de l'animal, sert à soutenir un large tympan, et qu'il descend sous ce cadre en forme d'apophyse pour l'articulation de la mâchoire inférieure. C'est surtout cette partie caractéristique de l'os qui fait qu'on le reconnaît facilement. Le cadre osseux a perdu dans notre échantillon son bord supérieur, qui était formé d'une partie du mastoïdien, et dont on voit encore les restes. Ce cadre donne entrée dans une vaste cavité, qui, comme nous venons de le dire, est complétée à son angle supérieur postérieur par le mastoïdien. Au fond de la cavité on remarque le trou à travers lequel a passé l'osselet auditif. A la partie antérieure de cette cavité on voit un fragment du temporal écailleux.

La surface supérieure de la caisse se compose de plusieurs os, séparés par des sutures dentelées encore très-visibles. On y voit d'abord le rocher, très-reconnaissable au trou pour la sortie des nerfs de la cinquième paire; ensuite on aperçoit, entre le rocher et les débris du mastoïdien, l'os tympanique. A l'autre côté du rocher on voit le pariétal, et en arrière l'occipital latéral. On distingue encore un reste du ptérygoïdien, ainsi que le trou jugulaire.

Notre échantillon nous offre ensuite un fragment de la mâchoire inférieure. On y voit très-distinctement les différents os qui entrent dans la composition de la partie postérieure de la branche droite de cette mâchoire. La surface qui porte pendant la vie l'apophyse articulaire de la caisse, s'y reconnaît d'abord. C'est l'os articulaire, qui aide à former l'articulation: à côté de cet os on voit le surangulaire. La surface interne nous montre une partie du dentaire, l'angulaire et l'operculaire, tandis que nous voyons plus loin le bout postérieur de l'articulaire. A la surface extérieure, on reconnaît aisément le bord du surangulaire, et la suture qui a réuni cet os avec le dentaire.

Vient maintenant un os long, un peu courbe, qui est certainement un fragment de l'os hyoïde, savoir, la plus grande partie de l'une des cornes moyennes. On sait que les quatre cornes de

l'os hyoïde, surtout les moyennes, sont très-osseuses, et que ces dernières sont des pièces longues, un peu comprimées et plus ou moins arquées.

Au bord antérieur du bloc de pierre se trouvent quelques restes de la colonne vertébrale. On sait qu'il y a dans les trionyx un espace libre entre le bord antérieur de la première paire de pièces costales et le bord postérieur de la pièce nuchale, un espace non couvert d'un toit osseux, mais uniquement de la peau. Dans cet espace ovoïde pointu on voit, en éloignant la peau, quelques vertèbres dorsales dont les apophyses épineuses ne se sont pas élargies en pièces vertébrales. Sans doute, ce sont des restes de ces vertèbres que nous apercevons dans la pierre, en avant des premières pièces costales. Je n'ai pas osé dénuder ces restes, de peur de mutiler l'objet, la propriété d'un autre. Ces parties de vertèbres sont les seules qu'on retrouve dans le bloc de pierre; probablement, toutes les autres vertèbres ont été perdues pendant qu'on tirait l'échantillon de la couche du bruxellien qui le renfermait. En effet, il est à peu près certain que le reste de la colonne vertébrale n'est pas caché dans la pierre: la position des pièces costales, le glissement de quelques-unes en haut et en dehors, le manque total de pièces vertébrales sur la pierre, la couche pierreuse qui sépare les deux séries de pièces costales, tout cela nous indique que les vertèbres dorsales se sont perdues avec les cervicales et les caudales. Toutefois, parmi les débris dont j'ai déjà parlé plusieurs fois, j'ai trouvé trois restes de trois vertèbres différentes.

Le premier est la plus grande partie, la moitié antérieure, d'une vertèbre cervicale. On y reconnaît très-bien le corps de la vertèbre, à peu près rectangulaire, caréné en dessous; la surface articulaire concave, par conséquent l'antérieure; le trou pour la corde dorsale, et les apophyses transversales antérieures mutilées.

La deuxième vertèbre diffère de la précédente par la circonstance qu'elle n'a pas perdu sa moitié postérieure, mais au contraire l'antérieure. Cela se reconnaît facilement à la surface articulaire convexe, que nous voyons ici.

La troisième vertèbre est une vertèbre sacrée, c'est-à-dire une de celles qui se trouvent dans la colonne vertébrale plus en bas que les vertèbres dorsales, et dont les apophyses épineuses ne s'élargissent pas en écusson. Ces vertèbres s'unissent au bassin au moyen de larges apophyses transversales. Il me paraît que l'échantillon est la dernière vertèbre sacrée, celle qui précède immédiatement les vertèbres caudales. La surface articulaire antérieure est concave; la postérieure en diffère considérablement, étant très-large, plus ou moins convexe, et montrant deux rainures perpendiculaires, de sorte que cette surface articulaire semble être divisée en trois compartiments.

Parmi les restes d'os des extrémités qui se sont conservés, un des plus reconnaissables est assurément l'os large qu'on aperçoit dans le bloc de pierre au-dessous de la deuxième pièce costale gauche, savoir, le coracoïdien. Cet os se trouve ici à peu près à la place qu'il a dû occuper pendant la vie de l'animal. Il demeure visible presque en entier, si l'on ne réintègre pas la deuxième et la moitié de la troisième pièce costale à la place où elles devraient se trouver naturellement. On sait que le coracoïdien des trionyx se fait remarquer par une forme particulière, plus élargie que dans les autres genres de tortues; le bord externe y est convexe et se continue avec le postérieur, tandis que l'interne est un peu concave, ce qui fait singulièrement ressembler le contour de cet os à celui de l'omoplate des mammifères.

La surface articulaire de ce coracoïdien se trouve ici encore en contact avec un des autres os de l'épaule, savoir avec l'omoplate. Nous n'apercevons qu'une partie de cet os long et robuste, son extrémité libre étant cachée dans la pierre.

Parmi les débris détachés qui accompagnent le bloc de pierre, j'ai trouvé deux fragments d'un os long, que j'ai collés ensemble, et qui nous présentent maintenant la plus grande partie d'une omoplate. Attendu que nous venons de voir l'omoplate, contenue dans le bloc de pierre, encore unie au coracoïdien gauche, il va sans dire que l'omoplate détachée est celle du côté droit. Elle a perdu son bout libre, et de même à peu près toute la

partie qui forme l'articulation ou, pour mieux dire, l'union avec le coracoïdien et avec la troisième branche de cet appareil osseux, savoir avec l'acromion.

Le troisième os qui entre dans la composition de l'épaule de la tortue est l'acromion. J'ai trouvé une partie de cet os. Il est moins cylindrique, plus comprimé que l'omoplate, et en diffère assez pour être aisément déterminable.

Je n'ai trouvé aucun des os du bras, ni du carpe, ni du métacarpe, mais bien une partie qui paraît être la première phalange du pouce de la main droite, ou, pour mieux dire, la plus grande partie de cet os. Cet osselet se reconnaît facilement à sa grosseur et à sa tête articulaire supérieure coupée carrément. La tête inférieure est perdue.

Le bassin nous fournit d'abord deux fragments d'os plats, qui paraissent être des parties de l'os pubis.

Vient ensuite un ischion, celui du côté droit. On sait que cet os s'unit à son semblable par l'un de ses bouts, et par l'autre au pubis et à l'ilion, pour former la cavité cotyloïde. On reconnaît cette partie extérieure à sa grosseur, l'autre extrémité étant plus plate.

Des os de la jambe on trouve la partie supérieure du fémur du côté droit. Cet os robuste présente la tête supérieure, qui s'écarte du corps de l'os et en est séparée par un col assez étroit: preuve évidente que cet os est le fémur d'un trionyx, et non d'une autre espèce de tortue. Le grand trochanter est encore visible, mais l'autre tubercule, le petit trochanter, est tombé.

Je n'ai trouvé aucun reste du tibia, ni du péroné, ni des pieds, ni de la queue.

Chelonia Hoffmanni Gray.

L'ensemble de mes recherches sur cette tortue fossile, dont j'ai pu étudier de nombreux échantillons, m'a conduit aux conclusions suivantes:

La tortue fossile de la craie tuffeau de Maestricht doit porter le nom de *Chelonia Hoffmanni*.

La carapace est composée d'une pièce nuchale impaire, de onze pièces vertébrales, d'une pièce sus-caudale, et de deux rangées de pièces costales, comprenant chacune huit pièces.

Dans la jeunesse, la pièce nuchale s'engrène par une suture dentelée avec la première pièce marginale; plus tard, l'ossification faisant des progrès, le bord postérieur de la première pièce marginale devient moins large, et dans l'âge mûr la pièce nuchale touche la deuxième pièce de la bordure et s'unit avec celle-ci.

Le plastron se compose probablement d'une pièce impaire, l'entosternal, et de quatre paires de pièces qu'on nomme les épisternales, les hyosternales, les hyposternales et les xiphisternales. Ces pièces laissent au milieu d'elles une ouverture.

Autour du bouclier se voit une bordure composée de pièces dites marginales, au nombre de onze à chaque côté. Chaque pièce marginale est constituée par deux lames unies à l'extérieur, et s'écartant en dedans pour former une rainure où sont attachés les bouts non élargis des côtes.

La colonne vertébrale se compose de vertèbres cervicales libres, de vertèbres dorsales attachées à la face interne de la carapace, de vertèbres sacrées possédant des apophyses très-larges qui se joignent aux os du bassin, et de vertèbres caudales dont quelques-unes dépassent le bord de la pièce sus-caudale.

L'épaule se compose de trois os réunis, dont le coracoïdien est plus court et plus large que celui de la tortue de mer vivante.

Les os du bras sont assez robustes.

La main est longue et pointue.

Les os du bassin ont beaucoup de ressemblance avec ceux d'une tortue de mer de nos jours.

Des os de la jambe nous ne connaissons encore qu'une partie du tibia.

Les os du pied sont encore inconnus.

La *Chelonia Hoffmanni* est une tortue de mer proprement dite, et non un *Sphargis*.

Tous les échantillons trouvés dans les couches crétacées du maestrichtien se rapportent à une seule espèce, la *Chelonia Hoffmanni*.

DEUX DIPTÈRES NOUVEAUX DE L'ARCHIPEL DES INDES ORIENTALES,

PAR

H. WEYENBERGH Jr.

Mon ami, M. M. L. Ritsema, officier de santé de l'armée des Indes néerlandaises, a envoyé récemment une collection d'insectes et d'autres objets d'histoire naturelle, destinée au musée de Leyde, à l'exception toutefois des diptères, au nombre d'une vingtaine, qui, d'après le désir de M. Ritsema, ont été remis entre mes mains. L'étude des insectes des autres ordres a déjà été entreprise par le savant conservateur du département des animaux articulés au musée de Leyde, M. le Dr. S. C. Snellen van Vollenhoven, et je crois devoir au zèle et à la bienveillance de M. Ritsema de donner également une courte notice sur les diptères de sa collection.

Plusieurs espèces ont été reconnues par notre habile diptérologue, M. F. M. van der Wulp, comme ayant déjà été décrites, savoir: *Tabanus rubidus* Wied. (2 ♂ et ♀), *Dacus caudatus* F. (♀), *Chrysomyia flaviventris* Wied. (2 ♀) et *Psilopus vitattus* Wied. (2 ♀). Cinq individus de petite taille sont trop détériorés pour qu'il soit possible de les déterminer; ce sont probablement des cécidomyides. On trouve ensuite une ou deux espèces nouvelles de *Psychoda*, et une espèce nouvelle de chacun des genres *Chironomus*, *Erioptera*, *Anopheles*, et *Cecidomyia;* comme ces espèces toutefois ne sont représentées chacune que par un seul exemplaire, et que de plus leur état de conservation laisse à désirer, je m'abstiens de les décrire en ce moment, dans l'espoir que des envois ultérieurs apporteront des matériaux plus complets pour leur étude.

Restent deux espèces nouvelles, bien déterminables, savoir un *Dacus* et un *Lucilia*, et en outre un *Bacha* que je regarde comme le mâle, demeuré inconnu jusqu'à présent, de l'espèce décrite par M. Doleschall [1]) sous le nom de *B. pedicellata*. La ressemblance de mon exemplaire avec la figure de M. Doleschall est parfaite; il n'y a de différence que sous le rapport de la taille, ce qui peut très bien n'être qu'une différence sexuelle. La taille du mâle serait alors de 11 millimètres; celle de la femelle, de 16 millimètres. Voyez les figures 9 et 10 (pl. VI), qui se rapportent à cette espèce.

Quant aux deux espèces nouvelles je vais en donner la description [2]).

Tous les objets de cette petite collection proviennent de Java.

Remarquons, en passant, que cette collection montre de nouveau combien la faune diptérologique de nos colonies est encore peu connue, et combien de découvertes il reste à faire pour celui qui veut s'adonner à l'étude de cette partie de la science.

Dacus Ritsemæ Weyenb.

Cette espèce est très voisine du *Dacus caudatus* F.; sa taille est un peu moindre, elle n'est que de 6,5 millimètres. (Mon exemplaire est une femelle).

La tête est d'un brun jaunâtre, avec les parties de la bouche un peu plus foncées, et les yeux d'un noir brillant, à reflet violet. L'intervalle entre les yeux est grand; le stemmate unique, sur le sommet de la tête, a un éclat métallique; en arrière sur le vertex il y a quelques soies d'un jaune sale et de longueur inégale. Les antennes sont courtes, composées de trois articles, de couleur jaune, un peu poilues au côté dorsal, non renflées au

---

[1]) C. L. Doleschall, *Eerste bijdrage tot de kennis der dipterologische fauna van Nederlandsch Indie* (avec 12 planches), Pl. II, fig. 2 (*Natuurk. tijdschr. v. Nederl. Indie*, T. X, 1856, p. 403).

[2]) Voyez aussi *Petites nouvelles entomologiques de E. Deyrolle*. Paris, 1869, No. 8, p. 2.

bout; l'article du milieu est coloré en brun à la jonction avec l'article basilaire; l'article terminal porte par devant des poils épineux. Au-dessous des antennes on voit de chaque côté une tache noire. Les yeux sont glabres.

Le thorax est noir; tout autour de la base de l'aile on voit des taches jaunes allongées, et près du cou, sur le prothorax, se trouve une tache jaune ronde; l'écusson est également jaune. La tache jaune sur le milieu du thorax, qui est si distincte chez le *Dacus caudatus* F., manque ici. Les balanciers sont jaunes. Les cuisses, la moitié inférieure des jambes et les tarses sont d'un jaune clair; la moitié supérieure des jambes est d'un noir fauve. Les ailes sont incolores, un peu irisées; il n'y a pas trace des taches noires, enfumées, qu'on voit sur les ailes du *Dacus caudatus* F. La figure 2, qui est grossie, donne une idée de la disposition des nervures des ailes; ces nervures sont de couleur brune, surtout la nervure costale, qui est forte; toute la cellule costale a aussi une teinte brune, particulièrement vers la pointe de l'aile.

L'abdomen est ovoïde et se termine en un ovipositor pointu. Sa couleur est le jaune relevé de noir: le premier segment est noir, le second est bordé de noir postérieurement, le troisième est presque entièrement jaune, et les quatrième, cinquième et sixième ont les bords latéraux noirs et une ligne noire sur le milieu; le bord antérieur du quatriéme et le bord postérieur du sixième segment sont également noirs; le dernier segment est de nouveau jaune. La ligne noire médiane s'étend aussi sur l'ovipositor, qui du reste est jaune. Par suite de l'absence, chez le *Dacus caudatus* F., du bord noir postérieur au sixième segment et de la bordure noire latérale, l'abdomen de cette espèce a une teinte beaucoup plus claire que celui de mon *Dacus Ritsemae*. Le ventre est jaune, avec une ligne longitudinale noire peu accusée.

L'individu a été pris par M. Ritsema au mois de décembre 1868, près de Soerabaija. Nous donnons à l'espèce le nom de celui qui l'a découverte.

Voyez: figures 1 — 5.

Lucilia Leonardi Weyenb.

La taille est d'au moins 8 millimètres. Le vertex, l'écusson, les cuisses et surtout l'extrémité de l'abdomen sont garnis de quelques soies. Les yeux sont bronzés, glabres, et ne laissent entre eux qu'un intervalle de 1,25 millimètre; le front est grisâtre, marqué longitudinalement d'une ligne noire légèrement saillante. Le reste de la face est blanc, comme poudré; les parties buccales, pour autant que visibles, sont jaunâtres. (Les antennes manquent à mon échantillon.)

Le thorax et l'abdomen sont d'un vert doré, à reflets; l'abdomen tire un peu plus sur le vert, et le thorax un peu plus sur le bleu. Les ailes sont incolores, à nervures d'un noir fauve; la figure 7, grossie, montre la disposition de ces nervures. Ailerons jaunes. Le thorax est coupé transversalement par un sillon profond. Les pattes ont la couleur générale, vert doré, mais si foncée qu'elles paraissent noires. En somme, l'espèce a beaucoup de rapports avec le *Lucilia Caesar* L., mais est de couleur plus claire.

L'insecte a été pris, comme le précédent, au mois de décembre dernier, près de Soerabaija.

Voyez: figures 6 — 8.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Planche VI.)

Fig. 1. Tête, en profil, du *Dacus Ritsemae* Weyenb. (grossie).
„ 2. Aile „ „ „ „ „
„ 3. Antenne „ „ „ „ „
„ 4. Abdomen „ „ „ „ „
„ 5. Thorax, etc. „ „ „ „ „
„ 6. *Lucilia Leonardi*, Weyenb. (grossie).
„ 7. Aile de cet insecte (grossie).
„ 8. Tête „ „ „ , en face (grossie).
„ 9. Abdomen du Baccha pedicellata Dol. (grossie).
„ 10. Aile „ „ „ „ „

RECHERCHES SUR
L'ÉPITHÉLIUM DE L'OVAIRE DES MAMMIFÈRES APRÈS LA NAISSANCE,
ET SUR LES RELATIONS DE L'OVAIRE AVEC LE PÉRITOINE;

PAR

W. KOSTER.

Les recherches de M. W. His [1]) ont fait voir que le conduit de Wolff tire son origine du feuillet corné de l'embryon, et ont permis de considérer l'ovaire comme une glande qui se développe dans le corps exactement de la même manière que les autres glandes sécrétoires.

Antérieurement, les investigations de M. Pflueger [2]) avaient déjà montré que l'ovaire, dans l'état primitif, embryonnaire, renferme des petits tubes, et que les vésicules de de Graaf, avec les ovules qu'elles contiennent, prennent naissance par étranglement régulier de ces tubes primitifs. Il avait été reconnu en outre, que, même après la naissance, et à l'âge adulte, on trouve encore souvent des tubes avec des ovules nouvellement formés dans l'ovaire de différents mammifères, de sorte que l'analogie avec une glande tubulaire persiste à cette époque de la vie.

Dans ses vues sur le mode de formation et la signification embryogénique et anatomique des follicules de l'ovaire, M. Pflueger partait encore de l'idée que le corps de Wolff et ensuite la glande génitale et son conduit excréteur proviennent du feuillet intermédiaire du blastoderme. Il adoptait par suite l'opinion que les tubes glandulaires de l'ovaire sont des productions de l'épithélium du péritoine, qui recouvre l'ovaire; et, en continuant à raisonner

---

[1]) *Archiv. für mikroskopische Anatomie* von Max Schultze, T. 1, livr. 2 et 3.

[2]) E. F. W. Pflueger, *Die Eierstöcke der Saügethiere und des Menschen*, Leipzig, 1863.

par analogie, il en arrivait à la conclusion fort singulière, que le péritoine et les membranes séreuses en général doivent être regardés comme des glandes (pages 31—35 et 68 du mémoire cité).

La découverte de M. His conduit à des vues plus exactes, et maintient l'opinion que le feuillet corné et le feuillet trophique du blastoderme jouent un rôle essentiel dans la formation de l'épithélium des glandes, tandis que la trame de tissu connectif et les vaisseaux sanguins proviennent, dans l'ovaire comme dans les autres glandes, du feuillet blastodermique intermédiaire.

Par suite du changement qui s'est produit dans les idées relatives au développement de l'ovaire, je me suis demandé si c'est bien avec raison qu'on admet que cet organe est recouvert par le péritoine; si la condition de la surface de l'ovaire, où, comme on sait, des vésicules de de Graaf viennent continuellement faire saillie et crever, n'est pas tout autre que chez le testicule, qui est entièrement enveloppé par le péritoine.

En s'occupant, il y a deux ans, dans mon laboratoire, des recherches qui lui fournirent le sujet de sa thèse inaugurale [1]), M. J. G. van der Lith avait remarqué que chez des embryons de lapins, longs de six lignes, le corps de Wolff n'est pas recouvert en entier par la couche continue de cellules qui formera plus tard le péritoine (page 109). Lorsque les embryons sont un peu plus âgés, il pense „que l'extension du péritoine sur le corps de Wolff et sur le gubernaculum de Hunter est devenue plus complète."

En lui-même, ce fait avait peu de signification, puisque le péritoine, ainsi que nous l'apprennent ses rapports avec le testicule, peut toujours, plus tard, envelopper en entier la glande génitale provenue du corps de Wolff. Il en résultait pourtant que, pendant la vie embryonnaire, au moins temporairement, la glande génitale n'a pas encore contracté une union bien intime avec le péritoine, ce qui fournissait un nouveau stimulant pour rechercher l'état de la surface de cette glande génitale dans le corps adulte.

---

[1]) *Bijdragen tot de kennis van de ziekelijke ontwikkeling der organa uro-genitalia en van den normalen descensus testiculorum*, Utrecht, 1867.

A ce problème se rattachait en outre, directement, la question de l'origine des très jeunes vésicules de de Graaf situées immédiatement au-dessous de la surface de l'ovaire à l'état adulte. On sait en effet qu'on les rencontre fréquemment à ce niveau, soit pendant les années de puberté, soit à un âge encore plus avancé. Ces très jeunes ovules de la couche corticale de l'ovaire se trouvent, entre autres, figurées et décrites avec détail dans l'ouvrage de M. Henle [1]), mais sans explication au sujet de leur origine. Souvent elles n'ont aucune connexion avec les vésicules de de Graaf, situées plus profondément et beaucoup plus développées, que le travail de M. Pflueger nous a fait connaître comme les produits des tubes glandulaires de l'embryon. Elles sont parfois tout à fait isolées et entourées d'une petite quantité de tissu connectif; fréquemment aussi on en voit deux ou trois placées à côté ou au-dessus l'une de l'autre. Bien que M. Pflueger ait énoncé, comme règle générale, que les vésicules les plus jeunes sont les plus voisines de la surface, celles dont il est question ici peuvent pourtant difficilement, à mon avis, être regardées comme formant simplement la rangée la plus superficielle des follicules situés plus profondément, vu qu'elles en diffèrent trop par leur degré de développement et qu'elles s'en trouvent séparées par une distance assez considérable.

Les recherches de M. Pflueger n'avaient pas tranché la question de savoir qu'elle est l'origine de ces plus jeunes vésicules ovulifères. Il admet bien que, même après la naissance, il se forme de nouvelles vésicules, mais il ne paraît pas avoir reconnu la nature de l'épithelium qui tapisse la surface de l'ovaire, ni ses replis intérieurs glanduliformes. Dans ses considérations sur „l'ovaire des animaux adultes" (page 95 du mémoire cité) il dit seulement: „Dans l'ovaire de la chienne adulte les éléments glandulaires les plus récents sont aussi, en général, plus rapprochés de la surface que les éléments plus anciens. En outre, je crois avoir observé aussi, chez la chienne, une connexion entre les folli-

[1]) *Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen*, p. 483.

cules et l'épithélium épais qui recouvre l'ovaire." Cette connexion douteuse aurait donc eu lieu, dans l'opinion de M. Pflueger, avec l'épithélium *du péritoine*, lequel enveloppe l'ovaire.

Dans quelques recherches antérieures, faites en passant, j'avais déjà réussi à observer d'une manière indubitable, chez des lapins adultes, les rapports des plus jeunes vésicules de de Graaf avec l'épithélium de l'ovaire. En reprenant et étendant ces recherches, il y a peu de temps, pour réunir les matériaux du présent mémoire, je suis parvenu à constater que la production nouvelle des vésicules se fait exactement de la même manière que la formation des glandes cutanées ou muqueuses pendant la vie embryonnaire.

Mais j'ai reconnu en même temps que l'épithélium qui fournit ces nouvelles vésicules de de Graaf n'est pas l'épithélium du péritoine, mais un épithélium de membrane muqueuse, propre à l'ovaire, tapissant la surface de cet organe, et dont la couche extérieure est composée de cellules épithéliales cylindriques, régulières et de dimensions plus grandes, tandis que les couches sous-jacentes consistent en cellules plus arrondies.

En poursuivant mes recherches sur les relations entre l'ovaire et le péritoine, j'ai trouvé des particularités qui ne paraissent avoir attiré jusqu'ici que fort peu l'attention, et qui sont de nature si diverse chez des animaux différents, que je m'abstiens d'entrer dans les détails pour le moment; le sujet demande encore des études beaucoup plus complètes. En général toutefois, je puis dire que, même chez les animaux (tels que le chien) dont l'ovaire est contenu en entier dans une espèce de petite poche du péritoine, on n'en rencontre pas moins un véritable épithélium propre à la surface de l'ovaire; la membrane séreuse ne fait que le recouvrir, sans y adhérer, et on peut enlever cette membrane après y avoir pratiqué une incision. Dans ce qui suit, je me bornerai à décrire les rapports entre le péritoine et l'ovaire tels qu'on les trouve chez l'homme, et tels qu'ils paraissent exister aussi, entre autres, chez la vache. On peut dire, en somme, que l'ovaire humain, pendant la période des fonctions génitales, n'est nullement recouvert par le péritoine, mais que sa surface (com-

parable à une surface de membrane muqueuse [1])) fait saillie dans la cavité du péritoine, de manière à tourner la surface muqueuse vers l'ouverture abdominale de la trompe de Fallope.

En examinant, tant à l'état frais qu'à l'état de conservation dans l'alcool, des préparations des organes génitaux de jeunes femmes, on reconnaît très distinctement que le péritoine s'arrête tout autour du hile de l'ovaire, et que la surface de l'ovaire lui-même a une teinte plus brunâtre. Si l'épithélium propre de l'ovaire, malgré son épaisseur et les nombreuses couches qui le composent, n'a pas encore été observé et décrit convenablement, il faut l'attribuer sans doute à ce qu'il n'adhère que lâchement à la surface de l'ovaire et à ce que, comme tous les épithéliums de glandes, il disparaît en grande partie par diffluence peu de temps après la mort. Néanmoins, même sur un ovaire conservé dans l'alcool, on trouvera encore çà et là des parties, surtout de petites fissures de la surface, où l'on pourra constater la présence de plusieurs couches de cellules épithéliales arrondies.

Lorsqu'on procède à l'examen de suite après la mort, rien n'est plus facile que de voir l'épithélium sur une coupe de l'ovaire. J'ai eu l'occasion, il y a déjà quelque temps, d'examiner les ovaires d'une petite fille de 4½ ans, à peu d'intervalle de la mort. La couche épaisse d'épithélium et les prolongements qu'elle envoie à l'intérieur se reconnaissaient immédiatement.

Près du bord où, comme nous l'avons dit plus haut, le péritoine s'arrête, il se confond, sans ligne de démarcation tranchée, avec la surface de l'ovaire. Il est à peine nécessaire d'ajouter que, sur la surface blanche du bord péritonéal, l'épithélium cylindrique manque complétement.

Chez les animaux (lapin, chien, chat, veau) on a la faculté d'étudier les organes tout à fait à l'état frais; aussi distingue-t-on à première vue les couches épaisses de l'épithélium, lequel ressemble en général entièrement à celui de l'ovaire humain.

Le fait que, même dans les ovaires de l'enfant de quatre ans

---

[1]) Mieux peut-être, embryogéniquement parlant, à une surface cutanée.

citée ci-dessus, l'épithélium envoyait déjà à l'intérieur des prolongements très distincts, cylindriques ou plutôt en forme de bouteille, ne laissa pas de me causer d'abord quelque surprise. Je m'étais figuré que la production nouvelle de vésicules de de Graaf ne commencerait peut-être qu'à l'époque de la puberté. Plus tard, j'ai reconnu que l'on rencontre dans presque tous les ovaires, quel que soit leur âge, de pareils prolongements épithéliaux, parfois seulement en petit nombre, mais parfois aussi en quantité considérable.

Par la nature même des choses, c'est un travail long et compliqué que de déterminer la loi des périodes dans lesquelles la formation de vésicules de de Graaf a lieu de préférence, ou de constater que c'est un phénomène continu, seulement, peut-être, avec des phases passagères d'exaltation. Je ne puis encore rien avancer de précis à ce sujet. J'ai observé la formation nouvelle aussi bien sur des ovaires d'enfants, que sur ceux de jeunes filles, ou de femmes ayant dépassé la quarantaine. — Après l'âge climatérique, la fonction de l'épithélium de l'ovaire paraît toutefois décliner. A ce fait se lient les changements connus, tels que le rapetissement de l'ovaire, la multiplication du tissu fibreux et la diminution de l'afflux sanguin dans cet organe. Il paraît aussi qu'à ce moment le péritoine reprend ses anciens droits et s'étend davantage sur la surface de l'ovaire. Sur des ovaires d'un certain âge j'ai vu assez souvent, à partir du bord où le péritoine s'arrête à une époque moins avancée, des bandes blanches se prolonger à la surface de l'ovaire. Dans d'autres cas, la limite du bord en question ne se distinguait plus clairement, mais, d'un autre côté, il n'y avait pas non plus de séparation nette entre une couche de péritoine recouvrant l'ovaire, et la surface fibreuse de cet organe. La solution de cette partie du problème exigera également plus de temps et de matériaux que je n'en ai eu à ma disposition jusqu'à présent. J'énoncerai toutefois, comme exprimant mon opinion actuelle, qu'à une période plus ou moins avancée de la vie le péritoine s'étend davantage sur l'ovaire, en se confondant avec le tissu glandulaire en voie d'atrophie. Dans l'âge d'activité

des fonctions sexuelles, ce recouvrement de l'ovaire par le péritoine (pour lequel il existe une tendance naturelle, comme le montre ce qui se passe chez le testicule) est empêché par la vie riche et productive de l'épithélium glandulaire de l'ovaire, par la formation continue de nouvelles vésicules de de Graaf, et par le développement énergique et la déhiscence des vésicules anciennes.

Il ne peut donc plus guère être question d'une enveloppe séreuse existant autour de l'ovaire humain avant l'âge d'une cinquantaine d'années. Mais il y a plus: ce qu'on appelle la tunique albuginée de l'ovaire est également le produit d'une manière de se représenter la structure et les fonctions de la glande, qui peut difficilement être soutenue en présence des faits actuellement connus au sujet de son développement et de son mode d'action. Ce n'est qu'à un âge assez avancé, lorsqu'il n'existe plus ou presque plus de vésicules de de Graaf dans la couche superficielle de l'ovaire, qu'on pourrait regarder cette couche épaisse, dense, fibreuse, comme une tunique albuginée (recouverte peut-être, comme nous l'avons déjà vu, d'une membrane séreuse). Mais quand on rencontre, comme c'est le cas dans tout ovaire qui fonctionne, immédiatement au-dessous de l'épithélium, de jeunes vésicules de de Graaf qui viennent de s'en séparer par étranglement, ou des vésicules encore en voie de formation et encore rattachées à l'éphithélium, aussi longtemps qu'il en est ainsi, il n'y a pas de tunique albuginée. On trouve alors, un peu plus bas que cette jeune couche nouvellement formée, un tissu connectif riche en vaisseaux sanguins, et qui englobe aussi incessamment les groupes de cellules épithéliales, dès qu'ils ont atteint un certain degré de développement; puis, plus bas encore, des rangées de vésicules de de Graaf plus anciennes, avec une couche épithéliale bien distincte et un ovule, vésicules dont quelques-unes sont dans un stade d'évolution plus avancé et se préparent à aller faire saillie et crever à la surface. Parfois pourtant (cela s'est présenté surtout chez des lapins, plus rarement chez des chiens) on trouve la couche d'éphithélium de l'ovaire en quelque sorte au repos, — pas de prolongements, pas de jeunes ovules, — et alors la

masse superficielle de tissu connectif apparaît en dessous de l'épithélium sous forme d'une couche fibreuse plus distincte et plus uniforme (tunique albuginée). Je n'ose assurer toutefois que cela ait lieu sur toute la surface de l'ovaire, et, en tout cas, cette couche fibreuse perd de nouveau ses caractères de membrane enveloppante aussitôt que la formation de nouvelles vésicules de de Graaf recommence. Ce n'est que chez un ovaire usé par l'âge, qu'il pourrait être question d'une tunique albuginée continue, dans le sens que les traités élémentaires attachent à cette expression; mais, en ce cas, le reste de la description anatomique ordinaire ne s'appliquerait certainement plus à l'organe atrophié et devenu fibreux.

Je crois donc pouvoir poser comme règle générale, que les vésicules de de Graaf, avec les ovules qui apparaissent à leur intérieur, se forment aussi en grande quantité postérieurement à la naissance, par pénétration et étranglement de l'épithélium glandulaire de la surface de l'ovaire. Il n'entrait pas dans mon plan de poursuivre l'étude des particularités de ce phénomène, par exemple en ce qui concerne la production de l'ovule à l'intérieur de la vésicule; une pareille étude conduirait sur un terrain tout différent. Il résulte seulement de la marche du phénomène, telle qu'elle a été décrite, que l'ovule ne préexiste pas, mais qu'il doit provenir des cellules glandulaires centrales du groupe séparé par étranglement de l'épithélium, tandis que les cellules périphériques deviennent l'épithélium de la vésicule de de Graaf. Les observations de M. Pflueger et celles postérieures de M. Stricker sur la formation de l'œuf des oiseaux [1]), sont en parfait accord avec ce résultat.

Une question qui se présente ici tout naturellement est celle de savoir, si le mode de formation des vésicules, après la naissance, est le même que celui qu'on observe dans l'âge embryonnaire et que M. Pflueger nous a fait connaître pour la première fois d'une manière exacte. Je pense qu'il n'existe aucune différence essentielle. Si, après la naissance, l'étranglement de l'épithélium

---

[1]) S. Stricker, *Beiträge zur Kenntniss des Hühnereies*, dans: *Sitzungsberichte d. K. Akad. der Wissensch. in Wien, Naturwissenschaftl. Kl.* T. LIV, p. 116.

n'en séparait jamais qu'une vésicule à la fois, il y aurait une certaine différence, sous ce rapport que, pendant la vie embryonnaire, on trouve des séries entières de vésicules encore réunies entre elles et avec l'épithélium de la surface (les tubes de M. Pflueger). Mais, bien que les replis de l'épithélium dans l'intérieur de l'ovaire ne paraissent fournir fréquemment, après la naissance, qu'une seule vésicule, j'ai pourtant aussi observé plusieurs fois des replis plus allongés et qui étaient étranglés au milieu; c'est ce que m'a présenté, entre autres, d'une manière très distincte, une préparation faite sur un ovaire de veau et dans laquelle la rangée de cellules, se trouvant juste au bord de la section, était presque entièrement isolée. De plus, on observe souvent deux vésicules très jeunes, situées à peu de distance au-dessous de l'épithélium et en contact immédiat l'une avec l'autre, ce qui indique clairement qu'une production épithéliale unique peut aussi donner naissance à plusieurs vésicules, tout comme il arrive dans la genèse embryonnaire décrite par M. Pflueger.

Si l'on considère maintenant, en outre, que, d'après les recherches déjà citées de M. Stricker, la formation embryonnaire de l'ovule des oiseaux ressemble tout à fait à celle de l'ovule des mammifères, rapports que j'ai trouvés confirmés dans des ovaires d'animaux adultes, on reconnaîtra que les découvertes oogénétiques des dernières années ont de nouveau mis en lumière une analogie intime entre les lois d'évolution du corps des animaux vertébrés. Il n'en reste pas moins, même sous ce rapport, encore bien des recherches à faire dans le champ de l'embryogénie comparée.

Comme particularité que j'ai rencontrée fréquemment dans l'examen de l'épithélium de l'ovaire à l'état frais, je dois encore mentionner la présence d'appendices en forme de papilles ou de villosités. D'abord, j'avais cru devoir les regarder comme des couches d'épithélium accidentellement détachées, mais je les trouvai également dans des préparations où l'épithélium était encore en parfait état de continuité. Les cellules de ces villosités, surtout les cellules intérieures, étaient en général plus pâles et plus transparentes que celles de l'épithélium auquel elles adhéraient. Il

m'a paru que ces villosités extérieures existent surtout là où l'épithélium envoie aussi un grand nombre de prolongements à l'intérieur.

Jusqu'ici, j'ai décrit les processus de l'épithélium, qui pénètrent dans la surface de l'ovaire, comme dus à une formation nouvelle de vésicules de de Graaf après la naissance. Je ne dois pas cacher qu'on pourrait en donner une autre interprétation, d'après laquelle ces processus épithéliaux ne seraient que des restes de l'état embryonnaire, dans lequel avait lieu la formation des tubes glandulaires, et dont ils représenteraient seulement les phases les plus récentes. Ils pourraient aussi se trouver encore en connexion, plus ou moins facile à constater, avec des séries de vésicules de de Graaf plus anciennes et situées plus profondément, ou bien s'en être déjà isolés par étranglement, tout en n'ayant été primitivement que le bout périphérique d'un pareil tube embryonnaire. A l'appui de cette opinion viendrait peut-être ce que M. Pflueger a observé sur des ovaires de chats, peu de temps après la naissance. Il a trouvé à l'extrémité périphérique des tubes: „une forte multiplication des cellules, de sorte que, en ce point, le tube paraît croître en avant pendant quelque temps." De plus il a reconnu que: „de jeunes tubes portaient, tout à fait à la surface de l'ovaire, un appendice plus mince, qui se perdait au niveau de l'épithélium, sous forme de filament délié." Mais, d'un autre côté, dans des ovaires un peu plus âgés, l'extrémité périphérique des tubes „se dessine par une ligne ronde très nette, comme dans d'autres glandes tubulaires" (page 107 du mémoire cité). En outre, du passage rapporté plus haut il résulte que, chez le chien adulte, M. Pflueger lui-même regarde les jeunes ovules comme de formation nouvelle.

Telle est aussi l'opinion à laquelle je continue de m'attacher, en me fondant sur les diverses particularités déjà décrites: l'état de jeunesse évident des prolongements internes de l'éphitélium; leur absence presque complète chez quelques-uns des animaux que j'ai examinés, et leur abondance chez plusieurs autres (ce qui peut être en rapport avec des périodes de production déterminées); ensuite, l'indépendance des prolongements, le fait qu'ils

sont séparés par une couche de tissu connectif des vésicules de de Graaf situées dans la profondeur. Des recherches ultérieures seront toutefois nécessaires pour donner à cet égard la certitude désirable.

Relativement à la méthode à suivre dans ces recherches, je me contente de noter que des coupes minces d'ovaires tout à fait frais, plongées dans du sérum ou du blanc d'œuf iodés, méritent la préférence sur tout autre procédé. La glycérine additionnée d'un peu d'acide acétique donne quelque éclaircissement lorsque les coupes sont un peu trop épaisses, et elle permet de conserver les préparations pendant un certain temps, bien qu'alors l'image ne tarde pas à devenir plus confuse. Le durcissement lent dans l'acide chromique ou dans la liqueur de Müller m'a procuré quelques bonnes préparations, mais en beaucoup de points l'épithélium se ride et devient moins distinct, et après qu'on a rendu à la préparation la transparence nécessaire, par la créosote ou d'après la méthode de Clarke, il arrive souvent que les cellules perdent leur netteté et que les contours des prolongements épithéliaux sont peu tranchés.

Pendant que je m'occupais de ce travail, auquel j'avais été amené par des observations embryogéniques et anatomiques, je reçus de M. le professeur Waldeyer, de Breslau, la nouvelle qu'il était arrivé aux mêmes résultats par l'étude d'ovaires ayant subi des altérations pathologiques. Dans le procès-verbal de la séance d'Octobre 1867 de la „*Schlesische Gesellschaft für Vaterländische Cultur*," qui m'a été envoyé par M. Waldeyer, il est fait mention, en quelques lignes, d'une communication sur le cystosarcome de l'ovaire, lequel, d'après M. Waldeyer, provient aussi de replis épithéliaux qui pénètrent dans l'ovaire et s'y développent d'une manière anormale. Ces observations conduisirent l'auteur à s'occuper aussi de l'ovaire sain, dans ses rapports avec l'épithélium, et il trouva ainsi: „que l'épithélium de l'ovaire envoie dans la couche corticale de cet organe des prolongements en forme de culs-de-sac glandulaires, qui forment les follicules tubuleux de Pflueger." Par cette étude attentive de la surface de l'ovaire, M. Waldeyer est aussi arrivé naturellement à nier l'existence

d'une enveloppe péritonéale. Il annonce des recherches ultérieures, et promet un mémoire que j'attends avec impatience, surtout au point de vue du développement des états pathologiques de l'ovaire.

NOTE ADDITIONNELLE.

Près de deux années se sont écoulées depuis que ce Mémoire a paru en hollandais. Pendant tout ce temps je n'ai plus pu me livrer à de nouvelles recherches sur l'ovaire; mais, il y a quelques semaines, a paru l'ouvrage que M. Waldeyer nous avait promis [1]). Dans tout ce qui est essentiel, l'auteur confirme mes observations. Il pense seulement que c'est à tort que j'ai décrit plusieurs couches d'épithélium sur l'ovaire. D'après M. Waldeyer, il n'y aurait qu'une seule couche d'épithélium cylindrique. Parmi mes préparations d'il y a deux ans, il y en a plusieurs qui ne montrent également, en beaucoup d'endroits, qu'une seule couche de cellules à la surface de l'ovaire, et il me paraît que cela est le cas partout où l'on ne trouve pas de prolongements de l'épithélium à l'intérieur. Mais, dans mes descriptions, j'ai toujours eu en vue des endroits où, précisément, il existait de ces prolongements. En ces points là, et aussi entre les prolongements, on trouve bien certainement plusieurs couches de cellules superposées l'une à l'autre. Or, comme ces prolongements sont regardés, par M. Waldeyer aussi, comme des produits de l'épithélium, je crois qu'on doit continuer à parler, dans certains cas, d'un épithélium composé de plusieurs couches. Du reste, c'a été une omission de ma part de ne pas mentionner qu'habituellement il n'existe qu'une couche unique de cellules épithéliales, état que M. Waldeyer regarde avec raison comme constituant la règle.

M. Waldeyer doute, encore plus que moi, que les prolongements épithéliaux dans l'ovaire adulte soient bien, à proprement parler, de production nouvelle, et surtout qu'il s'y forme des ovules; toutefois, il n'est pas arrivé non plus à une certitude complète.

[1]) *Eierstock und Ei* von W. Waldeyer, Leipzig, Engelmann, 1870.

UTRECHT, 25 Novembre 1869.

NOTE SUR

L'ÉTENDUE SUPERFICIELLE OCCUPÉE EN NÉERLANDE PAR LES DÉPÔTS DES DIFFÉRENTES FORMATIONS GÉOLOGIQUES,

PAR

H. HARTOGH HEYS VAN ZOUTEVEEN.

La Société néerlandaise de statistique s'occupe en ce moment de la publication d'une statistique générale de notre pays. M'étant chargé, en qualité de membre de la Société, d'écrire pour cet ouvrage un chapitre sur la géologie de la Néerlande, j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt d'y donner un état approximatif du nombre d'hectares qu'occupent à la surface du sol les dépôts des diverses formations géologiques. Comme il n'existait pas, à ma connaissance, de données satisfaisantes sur ce sujet, j'ai eu recours à un instrument très ingénieux, le planimètre polaire d'Amsler, à l'aide duquel j'ai relevé les différentes parties de la carte géologique de M. Staring. L'instrument dont j'ai fait usage m'avait été confié par M. le directeur de l'Ecole polytechnique de Delft. Chaque parcelle a été relevée trois fois, puis on a pris la moyenne de ces trois mesures; l'opération a nécessité, en tout, plus de 2100 mesures.

On a ensuite additionné toutes les parcelles appartenant à une même espèce de dépôt. [1]) Le résultat a été le suivant:

---

[1]) Je n'ai pas mesuré les *plages et bancs sablonneux, à sec pendant le reflux de la mer*, que la carte de M. Staring indique par le signe [s] dans le Zuyderzée, les Wadden, le Dollard, les bras de mer de la Zélande, etc.



Terrains jurassiques.		
Argile wealdienne de Winterswijk	12	hectares.
Terrains crétacés.		
Grès de Losser	48	„
Marne du gault (près de Winterswijk)	8	„
Système aachénien	120	„
Système hervien	596	„
Système galoppien (sénonien Dum.)	176	„
Système maestrichtien	556	„
Terrains tertiaires.		
Système tongrien inférieur, marin	124	„
Système tongrien supérieur, fluvio-marin	120	„
Système rupélien inférieur	248	„
Gravier d'Elsloo, dans le Limbourg	8	„
Argile tertiaire d'Eibergen et de Winterswijk . . .	316	„
Système boldérien, nymphéen; Lignites du Limbourg	554	„
Système scaldisien, Crag d'Anvers	16	„
Terrains quartaires.		
Système diluvien.		
Terrain erratique scandinave	147892	„
Terrain erratique mixte	150351	„
Terrain erratique rhénan	12552	„
Terrain erratique ardennais	16500	„
Silex en fragments anguleux du Limbourg . . .	2240	„
Limon hesbayen, löss	47398	„
Sable campinien	956040	„
Rivages des temps diluviens	5772	„
Système moderne.		
Tourbières basses lacustres	366064	„
Tourbières basses paludéennes	68208	„
Tourbières hautes, sylvestres	91499	„
Tourbières sylvestres épuisées	84593	„
Alluvions rivulaires	63609	„
Alluvions fluviatiles	345704	„
Alluvions marines	678577	„

Alluvions marines anciennes des polders	51603	hectares.
Sables mouvants	72525	„
Dunes fluviatiles et bancs de gravier sablonneux	2684	„
Sous-sol sablonneux des alluvions marines anciennes	23634	„
Dunes maritimes	93580	„
Superficie totale de la Néerlande	3283927	hectares.

Lorsque je comparai ce résultat avec les données fournies par le cadastre en 1833, — les seules données officielles qui me fussent alors connues relativement à l'étendue de la Néerlande, — je fus frappé du degré d'exactitude que le planimètre m'avait permis d'atteindre. En effet, d'après les relevés du cadastre, en 1833, la superficie du pays est de 3265521 hectares, chiffre dont le résultat de mes mesures ne s'écarte que d'environ ½ pour cent. Mais mon étonnement s'accrut considérablement lorsque parurent les premières feuilles de la Statistique générale de la Néerlande, et que j'y vis, page 7, que, d'après les données du cadastre de 1860, la surface de la Néerlande mesure 3283998 hectares! Ce résultat ne diffère du mien que de 0,001 pour cent, bien que ce dernier repose sur l'addition de plus de 700 parcelles mesurées séparément. C'est bien là une preuve que le planimètre polaire, lorsque son emploi est dirigé convenablement, permet d'atteindre une précision extrême, de sorte que l'instrument peut être recommandé avec sécurité; c'est une preuve aussi de l'exactitude avec laquelle la carte a été dressée et dessinée; c'est une preuve enfin que les résultats que j'ai obtenus pour l'aire occupée par les différents terrains méritent toute confiance.

Si l'on fait l'addition des dépôts appartenant aux terrains modernes, diluviens, tertiaires et secondaires, on trouve le tableau suivant:

Terr.	modernes	1942280	hect.	ou	env.	59,14	p.	c.	de la	surface.
„	diluviens	1338745	„	„	„	40,76	„	„	„	„
„	tertiaires	1386	„	„	„	0,04	„	„	„	„
„	secondaires	1516	„	„	„	0,05	„	„	„	„

On voit que c'est une erreur de croire, comme on le trouve dans différents ouvrages destinés à l'enseignement secondaire (V.

par ex. Winkler, *Leerboek der Aardkunde*, p. 38), que le diluvium recouvre plus de la moitié de notre pays. Ce sont au contraire les terrains modernes qui dominent, puisqu'ils occupent plus de 59 pour cent de la surface; même en n'y comprenant pas les sables mouvants et les tourbières hautes épuisées, ces terrains s'étendent encore sur 1785162 hectares ou sur plus de 54 pour cent du sol néerlandais. Si l'on décompte en outre les alluvions rivulaires et les tourbières hautes non épuisées, il n'en reste pas moins 1630054 hectares, ou 49,3 pour cent, de sorte que M. le Dr. W. C. H. Staring ne s'exprime pas non plus tout à fait exactement lorsqu'il dit (*De Bodem van Nederland*, t. II, p. 23): „Si de la superficie totale de la Néerlande, savoir 3259000 hectares ou plus de 60 milles carrés géographiques, on déduit les parties du sol qui sont couvertes par les alluvions marines et fluviatiles, par les dunes et par les tourbières basses, il reste environ 1700000 hectares, ou plus de 34 milles carrés, sur lesquels s'étend le diluvium, recouvert tout au plus par des alluvions rivulaires, des sables mouvants et des tourbières hautes, mais montrant toujours une surface plus ou moins inégale et accidentée." Puisque (même après déduction des alluvions rivulaires, des sables mouvants et des tourbières hautes, épuisées ou non) 49,3 pour cent de la surface appartiennent aux terrains modernes, il reste 50,7 pour cent pour tous les autres terrains. La superficie totale étant de 60 milles carrés, 50,7 pour cent de cette superficie donnent 30,42 milles carrés. Le diluvium (y compris les alluvions rivulaires, les sables mouvants et les tourbières hautes) n'occupe donc, même quand on n'en sépare pas les terrains tertiaires et secondaires, que 30,42 milles carrés; il est par conséquent impossible qu'il recouvre au-delà de 34 milles carrés après qu'on a déduit ces dépôts tertiaires et secondaires.

Il ressort en outre de mes mesures ce fait remarquable, que les terrains quartaires (tant diluviens que modernes) occupent plus de 99,9 pour cent du sol de la Néerlande, moins de 0,1 pour cent restant pour l'ensemble de tous les terrains plus anciens. C'est là un rapport dont nous ne croyons pas qu'aucun autre Etat au monde offre l'analogue.

// ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

REMARQUES SUR LA

FAUNE ORNITHOLOGIQUE DE LA HOLLANDE,

PAR

J. P. VAN WICKEVOORT CROMMELIN.

Il vient de paraître à Münster un important ouvrage sur l'Ornithologie de l'île de Borkum, suivi d'un Aperçu méthodique des Oiseaux observés dans le voisinage des côtes méridionales de la mer du Nord. Les ornithologistes, surtout ceux qui font leur étude des faunes restreintes, sauront gré à notre savant ami, Monsieur le Baron F. von Droste-Hülshoff, Président de la Société ornithologique allemande, de l'utile et volumineuse publication qu'il vient de leur offrir, et qui se recommande non-seulement par la valeur scientifique des observations, mais encore par l'exposé exact de la distribution géographique, ainsi que par la description détaillée et intéressante des mœurs et de la manière de vivre de la plupart des espèces.

Il est évident qu'en donnant un résumé des oiseaux qui fréquentent une région aussi étendue que celle baignée par la mer du Nord, on ne peut entrer dans les particularités relatives aux diverses localités. Il est donc du devoir des ornithologistes résidant à divers points de ces côtes maritimes, de détailler plus amplement ce catalogue méthodique, et de contribuer ainsi, en publiant leurs observations locales, à l'avancement de notre connaissance de la faune ornithologique de ces contrées. Déjà M. A. de Norguet s'est acquitté dûment de cette tâche, en publiant, en 1865, son Catalogue des Oiseaux du Nord de la France.

En conséquence de ces considérations, nous nous proposons de communiquer aux naturalistes nos remarques faites en Hollande; mais, afin d'éviter autant que possible toute répétition, aussi ennuyeuse que superflue, nous nous bornerons à citer celles qui peuvent servir de supplément aux observations du zélé ornithologiste allemand. Pour faciliter la comparaison, nous suivrons l'ordre méthodique adopté par M. von Droste. Comme nous traiterons uniquement des oiseaux qui se montrent dans le voisinage de nos côtes maritimes, nous passerons sous silence les observations faites en Brabant, en Gueldre et en Overijssel; pour la Frise et la Groningue, nous profiterons de celles publiées par MM. van Bemmelen et Albarda (*Bouwstoffen voor eene Fauna van Nederland* II, III).

Falco aesalon Gmel. Les jeunes visitent régulièrement les dunes de la Hollande à l'époque de leur migration d'automne; plusieurs y séjournent même pendant tout l'hiver. Les adultes y sont cependant beaucoup plus rares; car, dans l'espace de plus de vingt ans, nous n'y avons observé que quatre mâles portant un plumage d'adulte plus ou moins complet.

F. subbuteo L. Quelques paires nichent annuellement dans les parties boisées de la Hollande, de la Frise et de la Groningue. Les couvées de cette espèce sont plus tardives que celles de la suivante; car on ne voit les jeunes Hobereaux qu'en Juillet, tandis que les poussins de la Cresserelle,

F. tinnunculus L., sont ordinairement éclos dès la mi-Juin. Ces deux Faucons nous quittent habituellement en Septembre ou en Octobre; cependant on observe parfois en Hollande des individus de la dernière espèce pendant les hivers peu rigoureux: nous reçûmes même une femelle tuée sur l'île de Texel en cette saison.

Buteo lagopus Bechst. 1802, Leach 1816, Vieillot 1816. La Buse pattue se montre annuellement dans nos dunes dès le mois d'Octobre ou de Novembre, mais en nombre très-variable selon les années. Plusieurs hivernent chez nous et partent ordinairement en Mars; cependant nous avons obtenu un mâle tué près de Noordwijk le 3 Mai 1869.

B. vulgaris Bechst. Cette Buse visite annuellement, à l'époque

de ses voyages périodiques, les bois qui longent nos dunes. Elle y arrive souvent dès le mois de Septembre, et quelques-unes y séjournent parfois durant tout l'hiver; son apparition en Hollande pendant la saison des couvées est cependant plus rare.

Pernis apivorus Cuv. La Bondrée ne paraît en Hollande que très-irrégulièrement, aux mois d'Août, de Septembre et d'Octobre. Il s'en fit surtout un passage considérable le long de nos dunes en Août 1857.

Milvus vulgaris Will., Flem.; *Falco Milvus vulgaris* L. *El. An. p. Suec. obs.* 1743, *S. N.* 1748; *M. regalis* Briss. 1760. Nous avons récemment fait connaître nos observations sur le Milan vulgaire dans ce même volume des *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles.*

Accipiter palumbarius Gesner, Macgill.; *Accipiter* (gen. et sp.) Gesner; *Falco palumbarius* L. 1758; *Accipiter* (gen.) et *Astur* (sp.) Briss. 1760; *Astur* (gen.) Lacep. 1800.

Les jeunes Autours fréquentent assez souvent en automne et en hiver les bois qui avoisinent nos dunes; ils y arrivent ordinairement en Octobre ou en Novembre, mais exceptionnellement en Septembre; les adultes y sont cependant beaucoup plus rares.

Accipiter (*Nisus*) *fringillarius* Gesner, Eyton; *Nisus striatus* et *sagittatus* Frisch 1739; *Falco fringillarius* L. 1743; *F. nisus* L. 1758; *Accipiter* (gen. et sp.) Briss. 1760; *Nisus* (gen.) Cuv. 1799. Aux remarques que nous avons publiées précédemment sur l'Epervier (*Archives* etc. IV), nous ajouterons que fréquemment plusieurs individus hivernent dans nos contrées.

Circus aeruginosus Bechst. 1802, Savigny 1809; *C. cyaneus* Bechst. et *C. cineraceus* Brehm 1820, Naum. 1822, Cuv. 1829. On pourra consulter au sujet de ces trois espèces nos Notes sur les Busards indigènes (*Nederlandsch Tijdschrift voor de Dierkunde* II et III). Nous y ajouterons seulement que, sur plus de 360 individus de la première espèce, obtenus par nous dans les huit dernières années, il ne se trouvait qu'un seul mâle en plumage parfait.

Otus vulgaris Flem. Ce Hibou se reproduit annuellement dans quelques localités boisées le long de nos dunes. Il y passe assez

régulièrement en Octobre et en Novembre, et parfois en nombre considérable. On l'y voit plus rarement au milieu de l'hiver.

Picus viridis L. et *P. major* L. Ces deux espèces, dont quelques paires nichent parfois dans notre province maritime, s'y montrent souvent en automne, et quelquefois en grande abondance; c'est alors que plusieurs individus passent aussi l'hiver dans nos bois.

P. medius L. Le Pic-mar ne se voit jamais en Hollande, quoiqu'il se montre parfois en Gueldre, tandis que le

P. minor L., qui y est moins rare, fut observé une seule fois dans nos environs.

Alcedo ispida L. Le Martin-pêcheur, qui niche en nombre très-restreint dans notre patrie, y arrive parfois en quantité considérable, même dans les hivers les plus rigoureux.

Hirundo urbica L. et *H. rustica* L. Ces deux Hirondelles nous arrivent ordinairement en Avril et nous quittent en Septembre. La seconde espèce se montre cependant la première et séjourne parfois chez nous jusqu'en Octobre.

Muscicapa atricapilla L. Ce Gobe-mouche ne visite la Hollande qu'irrégulièrement, aux mois de Septembre, d'Octobre, d'Avril et de Mai; cependant nous n'avons pas encore pu obtenir la preuve qu'il se reproduit dans notre contrée.

Cette espèce fut décrite par Brisson en 1760 sous le nom de *Muscicapa nigra*, dénomination que M. Gerbe (Degland, *Ornithologie européenne*, 2e éd. I, p. 580) vient de réinstaller dans la nomenclature ornithologique. Cependant, si l'on veut obéir aux lois que nous impose le droit de priorité, il faut donner la préférence au nom spécifique de *Ficedula*, par lequel Linné désigna déjà en 1758 (*S. N.* 10e éd. I, p. 185) le jeune de cet oiseau, en le rangeant dans son genre *Motacilla*. Néanmoins nous aimons mieux conserver à l'espèce l'épithète de *atricapilla*, puisque c'est sous ce nom que Linné la plaça dans le genre *Muscicapa* (*S. N.* 12e éd.) et que quelques prédécesseurs de ce naturaliste paraissent l'avoir également signalée.

Regulus cristatus Will., Koch. Le Roitelet vulgaire ne se reproduit qu'exceptionnellement dans les bois qui avoisinent nos

dunes; cependant il y est très-abondant durant tout l'automne et l'hiver, et y séjourne parfois même jusqu'en Avril.

Reg. ignicapillus Naum. Cette espèce se montre beaucoup plus rarement en Hollande que la précédente; nous ne l'y avons observée qu'en Octobre et en Janvier.

Parus caudatus L. et *P. caeruleus* L. Ces deux Mésanges sont très-communes dans nos bois durant toute l'année. La seconde niche également sur l'île de Texel.

P. palustris L. et *P. major* L. Ces deux espèces sont plus abondantes dans nos dunes boisées en automne et en hiver qu'à l'époque des couvées.

P. ater L. Nous avons annoncé (*Archives* etc. IV) qu'une paire a niché, en Mai 1869, en Hollande; l'espèce s'y montre en outre de temps en temps, à son passage d'automne.

Turdus merula L. Le passage du Merle, qui se reproduit très-communément dans toute notre patrie, ne correspond en Hollande pas autant avec celui de la Bécasse, que M. le Baron von Droste le confirme pour l'île de Borkum. Cette dernière espèce nous arrive surtout par les vents d'Ouest, aux mois d'Octobre et de Novembre; les Merles ne passent au contraire en nombre considérable qu'en Novembre ou même au commencement de Décembre, et principalement par le vent d'Est. C'est par ce vent que les Bécasses se montrent en profusion en Frise, souvent dès le commencement d'Octobre. Plusieurs Merles séjournent aussi chez nous durant tout l'hiver, tandis qu'on n'observe que de temps à autre des Bécasses dans cette saison.

T. viscivorus L. Quelques paires de la Draine nichent annuellement dans les bois de nos dunes; il s'y fait également un passage, quoique très-peu considérable, en Octobre, et quelques-unes nous restent parfois jusqu'en Novembre ou Décembre.

T. pilaris L. De nombreuses volées se montrent en Hollande à la fin d'Octobre ou bien en Novembre; plusieurs y hivernent et ne nous quittent souvent qu'en Avril, en Mai ou même seulement en Juin.

T. iliacus L. Le Mauvis paraît dans notre localité en troupes nombreuses, aux mois d'Octobre et de Novembre; il s'en fait

également un passage, quoique moins considérable, en Mars et en Avril, et quelques-uns y séjournent parfois pendant l'hiver.

T. musicus L. On peut dire généralement la même chose de cette Grive que de la précédente; cependant elle arrive ordinairement déjà en Septembre, et elle se reproduit d'ailleurs en grande quantité dans nos dunes boisées.

Luscinia phoenicura Schleg. Le Rouge-queue de muraille nous quitte ordinairement en Septembre et nous revient en Avril; cependant nous l'avons observé souvent encore en Octobre.

Lusc. rubecula Schleg. Indépendamment des Rouges-gorges qui nichent annuellement en Hollande, il s'en fait un passage remarquable en automne, et plusieurs hivernent en outre chez nous.

Saxicola rubicola Bechst. Cet oiseau nous vient souvent dès le mois de Mars, et il n'est pas rare d'en observer quelques-uns tout l'hiver dans nos dunes.

Sax. rubetra Bechst. Le Tarier, plus commun pendant la saison des couvées que le précédent, dans les dunes de la Hollande, les quitte habituellement en Septembre; cependant nous l'en reçûmes parfois en Octobre.

Sylvia hortensis Lath. La Fauvette des jardins arrive ordinairement en Hollande en Avril ou en Mai et en repart en Septembre, quoique nous l'y ayons observée quelquefois en Octobre.

S. atricapilla Lath. Cette espèce ne se reproduit que rarement dans notre province; elle y passe presque annuellement, quoique en très-petit nombre, en Octobre et même en Novembre.

S. cinerea Lath. Cette Fauvette, la plus répandue de tous ses congénères dans les Pays-Bas, niche même dans quelques jardins de l'île de Texel.

Phyllopneuste sibilatrix Meyer. Cet oiseau se montre en Hollande habituellement dès le mois d'Avril.

Phyll. rufa M. Cette espèce nous revient souvent dès le mois de Mars, et séjourne parfois dans nos bois jusqu'en Novembre.

Calamodyta locustella Naum. La Locustelle ne se reproduit pas seulement dans les dunes près de Wassenaar, mais surtout dans celles situées à l'ouest de Harlem; elle y vient communément au mois d'Avril.

Cal. aquatica N. Nous n'avons jamais encore observé cette espèce dans les Pays-Bas.

Cal. palustris N. Cet oiseau reparaît en Hollande en Avril ou en Mai. Nous l'y avons observé, quoique rarement, au mois d'Octobre.

Cal. strepera Gray. (*Cal. arundinacea* auct.). Cette Rousserole, commune chez nous, fut observée parfois à l'époque des couvées sur l'île de Texel.

Motacilla alba L. Quelques individus séjournent souvent en Hollande, même pendant les hivers les plus rigoureux.

var. *lugubris* T. (*Yarrellii*). Nous avons déjà mentionné dans nos Notes sur les Bergeronnettes observées en Hollande (*Ned. Tijdschrift* etc. III) que les Lavandières à dos noir s'accouplent parfois avec les individus type, et qu'elles nichent dans notre contrée, où elles passent annuellement en Mars et en Avril.

Mot. sulphurea Bechst. Cette Hoche-queue ne se montre que très-rarement dans notre localité; nous ne l'y avons observée qu'en Décembre et en Février.

Anthus trivialis Flem.; *Alauda trivialis* L.; *Anthus arboreus* Bechst. Cet oiseau n'est pas rare dans les dunes boisées durant la saison de la reproduction.

Anthus pratensis Bechst. Le Pipi Farlouse, qui se propage en grande abondance dans notre patrie, y est aussi très-commun à ses passages périodiques, aux mois de Septembre, d'Octobre, de Mars et d'Avril.

Anthus campestris Bechst. Plusieurs paires nichent annuellement dans les dunes maritimes.

Anthus obscurus T. Cette espèce visite nos côtes maritimes ainsi que les bords de nos grands lacs à l'époque de ses migrations, tant en Octobre, qu'en Mars et en Avril.

Alauda arvensis L. et *Al. cristata* L. Il n'est pas rare de rencontrer en Hollande, pendant les hivers même les plus rigoureux, quelques individus de ces deux espèces.

Al. arborea L. L'Alouette lulu ne se reproduit que très-rarement dans les dunes hollandaises, et elle n'y paraît aussi qu'accidentellement en hiver; nous l'y vîmes en Décembre et en Février.

Emberiza hortulana L. L'Ortolan ne visite la Hollande que très-

accidentellement; nous n'y observâmes qu'une seule femelle, dont nous annonçâmes la capture ailleurs. (*Ned. Tijdschrift* I). L'espèce passe cependant plus régulièrement en Gueldre et en Brabant.

Emb. nivalis L. Le Bruant de neige fréquente annuellement nos côtes maritimes, et souvent en volées assez nombreuses, depuis le mois d'Octobre jusqu'en Mars.

Emb. lapponica Nilss. On ne rencontre cet oiseau que très-rarement dans les Pays-Bas, à l'époque de ses voyages périodiques; nous avons déjà cité la prise de la seule femelle que nous possédons. (*Ned. Tijdschrift* I).

Loxia curvirostra L. Le Bec-croisé vulgaire se montre de temps en temps en petites troupes dans les bois qui longent nos dunes; on l'y rencontre parfois dès le mois de Juin, jusqu'en Octobre, mais plus rarement en hiver.

L. pytiopsittacus Bechst. Cet oiseau ne fut observé dans notre province maritime que très-accidentellement. Une paire en fut tuée, le 2 Avril 1862, près de Noordwijk.

Pyrrhula rubicilla Pall.; *P. vulgaris* T. Nous venons de publier nos observations sur le Bouvreuil dans ce même volume.

Coccothraustes vulgaris Pall. Le Gros-bec vulgaire ne se reproduit que rarement dans les dunes boisées; il ne s'y montre aussi qu'irrégulièrement en automne, savoir, aux mois de Septembre, d'Octobre et de Novembre.

Fringilla chloris Ill. Le Verdier est très-commun dans les Pays-Bas pendant la belle saison; quelques individus y séjournent parfois même durant tout l'hiver.

Fr. coelebs L. Plusieurs paires de Pinsons nichent annuellement tant en Hollande, qu'en Frise et en Groningue. Cet oiseau y est très-abondant depuis la fin de Septembre jusqu'en Novembre, mais moins nombreux à son retour en Mars; il s'en fit en outre un passage exceptionnel le 19 Décembre 1868. Quelques-uns y restent d'ailleurs pendant toute la rude saison.

Fr. montifringilla L. Quelques oiseaux de cette espèce, dont de nombreuses volées passent chez nous en automne, restent parfois hiverner dans nos bois.

Sturnus vulgaris L. Il n'est pas rare de rencontrer l'Etourneau dans nos villes ou nos villages pendant les hivers peu rigoureux.

Corvus corone L. La Corneille noire établit son nid sur le sol dans les dunes maritimes dénuées de tout arbre et de tout buisson. Elle se reproduit également sur l'ile de Texel. Il s'en fait en outre un passage considérable en Octobre, et ce sont surtout celles-ci qui hivernent chez nous en compagnie des Corneilles mantelées. (*C. cornix* L.)

C. frugilegus L. Plusieurs colonies de Freux sont dispersées sur divers points de notre patrie, à l'époque des couvées. L'espèce se montre d'ailleurs assez régulièrement pendant ses migrations d'automne le long de nos dunes, et on l'y rencontre parfois aussi en hiver.

Pica caudata L. (*S. N.* 1748). La Pie est non-seulement répandue par toutes nos provinces, mais se reproduit aussi sur l'île de Texel.

Nucifraga caryocatactes Leach. 1816, Cuv. 1817. Le Casse-noix ne se montre que trés-irrégulièrement dans notre patrie, en automne; c'est alors qu'on l'y observe parfois dès le mois de Septembre.

Garrulus glandarius Leach. 1816, Cuv. 1817. Il se fait annuellement, en Octobre, un passage de Geais le long de nos dunes boisées; plusieurs y séjournent l'hiver, et l'espèce y est également commune durant la saison de la reproduction.

Columba oenas L. Nous venons d'annoncer dans ces mêmes *Archives* la capture d'un Colombin faite en Hollande, où l'espèce ne paraît se montrer que très-accidentellement.

Syrrhaptes paradoxus Ill. Nous avons publié ailleurs (*Ned. Tijdschrift* etc. III) nos observations sur le petit nombre de ces oiseaux qui ont prolongé leur séjour dans les dunes de Zandvoort jusqu'en Janvier 1864.

Coturnix communis Bon. La Caille ne se propage qu'en très-petite quantité dans les champs cultivés qui avoisinent les dunes; elle s'y montre de temps à autre, lors de ses voyages périodiques, aux mois de Septembre et d'Octobre, et quelques-unes y séjournent même parfois jusqu'en Décembre.

Oedicnemus crepitans T. Cette espèce, dont quelques paires

nichent annuellement dans nos dunes, s'y voit habituellement encore aux mois de Septembre et d'Octobre; nous possédons même un mâle qui y fut tué en Décembre.

Vanellus cristatus M. et W. Après le départ des Vanneaux indigènes, il nous arrive ordinairement en Septembre des volées considérables de ces oiseaux, originaires des contrées septentrionales; elles nous restent jusqu'à l'entrée des gelées, et même durant tout l'hiver, si celles-ci viennent à manquer. Le retour printanier se fait en Février ou en Mars.

Pluvialis squatarola Macgill; *Tringa squatarola* L. 1758; *Vanellus griseus, varius* et *helveticus* Briss. 1760; *Tringa varia* et *helvetica* L. 1766; *Van. melanogaster* Bechst.; *Squat. varia* Boie; *Squat. helvetica* Brehm; *Van. squatarola* et *Pluvialis varius* Schlegel. Le Vanneau-pluvier ne fréquente la Hollande qu'en très-petit nombre, tant le long des côtes maritimes, qu'au bord des grands lacs; on l'y a observé en Septembre, en Octobre et en Novembre.

Nous croyons, avec Mr. Schlegel, qu'il convient de ranger cet oiseau dans un même genre avec l'espèce suivante et celles qui lui sont voisines, et de leur assigner la dénomination générique de *Pluvialis*, sous laquelle les anciens auteurs ont désigné surtout le Pluvier doré, tandis qu'ils appliquaient particulièrement les noms de *Charadrius* et de *Hiaticula* à l'espèce que Linné signala sous ce double nom.

Pluvialis apricarius Bp.; *Pluvialis* (gen.) Barr. 1745; *Charadrius apricarius* et *pluvialis* L. 1758; *Pluvialis aurea* Briss. 1760. Le Pluvier doré niche, selon M. Albarda, en Frise et même sur l'île d'Ameland; il est seulement de passage en Hollande, surtout en Novembre et en Décembre, et s'y montre quelquefois en Janvier.

Charadrius morinellus L. Le Guignard ne visite nos dunes qu'en volées peu nombreuses, souvent dès le mois de Juillet, ainsi qu'en Août et en Septembre; on l'observe quelquefois en Hollande au printemps et même jusqu'en Mai.

Char. hiaticula L. Cette espèce fréquente nos côtes et nos étangs non-seulement depuis la mi-Juillet jusqu'à la fin de Septembre, mais aussi en Mars; elle paraît également nicher dans notre province.

Char. philippinus Scop.; *Char. curonicus* Bes.; *Char. fluviatilis* Bechst.; *Char. minor* M. et W. Cet oiseau ne se reproduit nullepart en Hollande; quelques paires nichent cependant sur l'île d'Ameland.

Cinclus interpres G. R. Gray; *Cinclus* Moehr.; *Strepsilas interpres* Ill. Le Tourne-pierre se voit sur les bords de la mer tant à la fin de l'été qu'en Avril et en Mai, et souvent même aux mois de Novembre, de Janvier, de Février et de Mars.

Recurvirostra avocetta L. Cet oiseau nous quitte ordinairement en Août ou en Septembre, et nous revient en Avril; cependant on en a tué un en Zéelande au mois de Novembre.

Phalaropus lobatus; Tringa lobata L. 1758; *Ph. cinereus* Briss. 1760; *Tr. hyperborea* L. 1766. Nous n'avons observé cette espèce qu'une seule fois en Hollande (*Archives* etc. II).

La dénomination de *Tringa lobata* fut donnée, en 1758, par Linné (*S. N.* 10e éd. I, p. 148) au Phalarope à bec grêle, que Brisson indiqua plus tard, en 1760, sous le nom de *Ph. cinereus;* le signalement de la forme du bec est trop caractéristique pour qu'il puisse y avoir aucun doute sur l'identité de l'espèce désignée par le premier naturaliste. Ce fut à la même occasion, qu'il assigna l'épithète de *fulicaria* à l'espèce que Brisson désigna postérieurement du nom de *Ph. rufescens* et que Temminck indiqua sous celui de *Ph. platyrhynchus.* Il est vrai que le naturaliste suédois a réuni plus tard (*F. S.* 2ème éd. p. 64) sous son *Tr. lobata* des Phalaropes appartenant aux deux espèces citées. Malheureusement, tout en distinguant spécifiquement son *Tr. fulicaria*, il continua par la suite de confondre les deux Phalaropes européens (*S. N.* 12ème éd. I, p. 249), car, bien que reconnaissant que son *Tr. lobata* a le bec très-grêle, il lui assigna néanmoins des synonymes qui ne conviennent qu'au Phalarope platyrhynque; tandis qu'il rangea sous son *Tr. hyperborea* les citations qui ont rapport à l'espèce à bec grêle et qu'il plaçait autrefois (*S. N.* 10e éd.) à la suite de son *Tr. lobata.* Le *Tr. lobata* de Gmelin a surtout rapport au Phalarope platyrhynque. Ce fut sans doute par suite de ces erreurs que Latham assigna à cette dernière espèce le nom de *Ph. lobatus*;

tandis qu'il indiqua le Phalarope à bec grêle sous celui de *Ph. hyperboreus*. Les erreurs commises par un naturaliste ne peuvent cependant faire déroger en aucune manière au droit de priorité revenant à une dénomination spécifique proposée antérieurement par ce même auteur ou par quelque autre savant. En conséquence de ces considérations, nous croyons, à l'exemple de Brünnich (*Orn. bor.*), qu'il convient de conserver au Phalarope à bec grêle la dénomination spécifique de *lobatus*, comme la plus ancienne et comme ayant été donnée d'abord par Linné, sans aucun doute, à cette même espèce.

Phalaropus fulicarius Bp.; *Tringa fulicaria* L. 1758; *Ph. rufescens* Briss. 1760. Ce Phalarope ne visite la Hollande qu'irrégulièrement, à la suite de forts coups de vent. On l'y a observé aux mois d'Octobre, de Novembre et de Décembre.

Totanus glottis Bechst. Le Chevalier-aboyeur se montre souvent dans notre province dès la mi-Juillet, et y séjourne parfois jusqu'à la fin d'Octobre; mais il ne s'y voit qu'exceptionellement en Novembre.

Tot. fuscus Bechst. 1802, Leisler 1811. Ce Chevalier nous arrive assez régulièrement à ses migrations d'automne, quelquefois déjà même en Juillet; on l'observe plus rarement en Hollande au milieu de l'hiver, et il y repasse ordinairement en Avril; ce n'est qu'après les années très-pluvieuses qu'on le voit parfois encore en Mai, au bord des petites mares qui se trouvent alors dans les dunes maritimes.

Tot. gambetta; Tringa gambetta L. 1758; *Tot. striatus* et *naevius* Briss. 1760; *Tr. variegata* Brünn. 1764; *Scolopax calidris* L. 1766; *Tot. calidris* Bechst. La Gambette paraît habituellement dans les Pays-Bas au mois d'Avril, cependant nous l'y avons observée, quelquefois, même avant la mi-Mars.

Il est étonnant qu'aucun naturaliste n'ait rangé au nombre des synonymes de cette espèce le *Tr. gambetta* de Linné (*S. N.* 10e éd. I, p. 148), qui, sans aucun doute, est identique au *Tr. gambetta* de Gmelin (*S. N.* 13e éd. I, p. 671) que l'on cite habituellement parmi ces mêmes synonymes. Nous nous sommes décidé à désigner

l'oiseau en question sous la dénomination spécifique proposée d'abord par Linné, parce qu'elle est de beaucoup antérieure à celle de *calidris* du même auteur (*S. N.* 12e éd. I, p. 245), et qu'elle a de plus le droit de priorité sur les noms employés par Brisson et par Brünnich.

Tot. ochropus T. Cette espèce niche parfois au bord des ruisseaux qui découlent de nos dunes. Elle s'y montre également lors de ses voyages périodiques, et y séjourne quelquefois jusqu'en Décembre.

Limosa aegocephala Bp. La Barge à queue noire nous arrive habituellement au mois d'Avril; ce n'est que rarement qu'elle se montre en Hollande dès le mois de Mars.

Lim. lapponica G. R. Gray; *Scolopax lapponica* L. 1758; *Lim. rufa* Briss. 1760. La Barge rousse fut observée en Hollande aux mois d'Août, de Septembre, d'Octobre (en 1869 jusqu'à la fin de ce mois) et de Mai. Au printemps elle ne semble visiter que les côtes maritimes, tandis qu'elle se voit en automne également aux bords fangeux de nos lacs d'une certaine étendue.

Tringa pugnax L. Le Combattant nous quitte ordinairement en Septembre, et revient habituellement en Avril; cependant il séjourne quelquefois dans notre contrée jusqu'en Octobre, et y reparaît parfois dès le mois de Mars. On l'y a d'ailleurs observé une seule fois en Novembre, ainsi qu'en Décembre.

Tr. canutus L. On a rencontré la Maubèche en Hollande non-seulement en Août, en Septembre et en Octobre, mais encore en Novembre et en Décembre, et, à son retour au printemps, parfois dès le mois de Mars.

Tr. maritima Brünn. Le Bécasseau violet se montre irrégulièrement à quelques points de nos côtes, où se trouvent des jetées de pierres qui s'avancent dans la mer; on l'y a observé tant en Octobre et Novembre, qu'au milieu de l'hiver, ainsi qu'au printemps. Son apparition dans l'intérieur de notre province n'est qu'accidentelle.

Tr. alpina L. 1758; *Cinclus* Briss. 1760; *Tr. cinclus* L. 1766. Ce Bécasseau, dont plusieurs paires nichent dans nos provinces maritimes, et qui vient en volées nombreuses lors de ses voyages

périodiques, séjourne également chez nous durant les hivers peu rigoureux.

Tr. arenaria L. Cette espèce fréquente nos côtes maritimes, souvent en nombre considérable, à l'époque de ses migrations d'automne, et même habituellement pendant tout l'hiver jusqu'en Avril ou en Mai.

Gallinago gallinula Bp. et *Gall. media* Leach. Ces deux Bécassines séjournent souvent en Hollande durant les hivers doux et humides. Nous venons de publier, dans le 4ème volume de ces *Archives*, nos remarques sur la distribution de la seconde espèce pendant la saison des couvées.

Scolopax rusticola L. Nous avons déjà communiqué nos observations sur la Bécasse en traitant du *Turdus merula*.

Numenius arquata Lath. C'est à l'esprit observateur de Monsieur le Baron von Droste, que nous devons la possession d'une femelle adulte tuée dans les dunes hollandaises, le 22 Mai 1868, et se distinguant par le bec long de 15,5 centim., dimension qu'on n'observe que très rarement chez les Courlis qui nichent habituellement sur les côtes méridionales de la mer du Nord. C'est donc par ce caractère que notre oiseau se rapproche sensiblement des individus de forte taille qui nous arrivent des contrées septentrionales à l'époque de leurs voyages périodiques; cependant, les teintes du plumage sont en tous points semblables à celles des Courlis indigènes, qui se propagent également dans les dunes de Texel.

Num. phaeopus Lath. Ce Courlis, dont plusieurs volées passent souvent tout l'été en Hollande, sans y nicher, y arrive ordinairement vers la fin d'Avril, et en repart habituellement en Août ou en Septembre.

Platalea leucorodia L. La Spatule nous quitte communément en Septembre et nous revient en Avril; cependant on l'observa parfois dans notre pays en Novembre et en Décembre.

Ciconia alba Will., L. 1743, Briss. 1760. La Cigogne blanche se reproduit habituellement sur des nids artificiels dans les parties basses de la Hollande, ainsi que sur l'île de Texel, où elle nicha même une fois sur un arbre sans l'intervention de l'homme.

Cic. nigra Bel., Will., L. 1743. Cette espèce ne visite les Pays-Bas que très-accidentellement; deux jeunes furent tués au mois d'Août 1859 en Hollande, près de l'embouchure de la Meuse; l'un d'eux fait partie de notre collection. L'espèce fut d'ailleurs observée en Frise au mois de Mai 1860, et dans la province de Groningue en Octobre 1864.

Cycnus minor Keys. et Blas. Ce Cygne ne se montre que très-rarement en hiver dans notre contrée.

Anser cinereus M. et W. Quelques paires nichent annuellement dans une certaine localité de la Frise; l'espèce ne visite toutefois la Hollande qu'en dehors de la saison des couvées, cependant elle y séjourne souvent au printemps jusqu'à la fin d'Avril.

Nous donnons la préférence à la dénomination spécifique proposée par Meyer et Wolf, sur l'épithète de *ferus*, parce que c'est sous celle-ci que les anciens auteurs, ainsi que Linné et Gmelin eux-mêmes, ont confondu cette espèce avec la suivante. La même confusion règne parmi les synonymes de *l'Anser sylvestris* de Frisch et de Brisson; c'est pourquoi nous lui préférons le nom de

Anser segetum Bechst. L'examen de plusieurs centaines d'Oies, prises pour la plupart en Overijssel et en Drenthe, ne nous a fait trouver aucun caractère tranchant qui nous permette de distinguer spécifiquement les diverses modifications de ce type. Nous présumons néanmoins qu'il existe deux variétés de cette espèce, différant entre elles tant par la taille que par la longueur du bec et des doigts. (*A. segetum* T., *A. arvensis* Naum., et *A. brachyrhynchus* Baill., *A. segetum* Naum.) Si l'on compare ensemble les individus de même âge et de même sexe, on peut sans beaucoup de difficultés en séparer la plus grande partie en deux groupes; cependant, on en trouve souvent quelques-uns auxquels on est embarrassé d'assigner une place. Mais lorsque, sans avoir égard ni au sexe ni à l'âge, on range suivant la longueur du bec les Oies appartenant à ce type, on obtient une série continue, dont les adultes à bec court et les jeunes de forte taille occupent le centre, tandis que les jeunes femelles de petite taille et les vieux mâles à long bec se trouvent aux extrémités. Les

adultes à bec court se distinguent d'ailleurs souvent par l'extrême épaisseur de cette partie, caractère que nous n'avons jamais observé chez les individus à bec allongé. Nous ne remarquâmes non plus jamais chez ceux-ci le gris cendré dont le plumage des jeunes de petite taille est ordinairement nuancé, ni la teinte noirâtre que prennent parfois la tête et le cou des adultes à bec court, et que Naumann regarda à juste titre comme signe d'un âge fort avancé. Enfin, les Oies à bec court sont beaucoup moins abondantes dans les Pays-Bas et ne s'y montrent pas aussi régulièrement que les individus de forte taille; on ne les y rencontre ordinairement que lorsque ceux-ci n'y passent qu'en très-petit nombre.

Anser erythropus Flem.; *Anas erythropus* L. nec Gmel.; *Anas albifrons* Gmel. L'Oie rieuse nous a offert une particularité analogue à celle que nous avons remarquée chez l'espèce précédente. Les Oies rieuses de l'Amérique et du Japon ont souvent le bec plus allongé que celles qui habitent l'Europe. Nous n'avons trouvé en Hollande qu'un seul mâle qui se rapprochait, par la mesure de cette partie, d'un sujet du Japon, à long bec, déposé au Musée de Leyde. Cependant, on rencontre de temps en temps dans les Pays-Bas des volées composées tant d'adultes que de jeunes des deux sexes, ayant la particularité d'avoir le bec et les doigts un peu plus courts qu'à l'ordinaire. Ces Oies ne visitent notre patrie que lorsque les individus type y sont peu abondants. Cependant elles n'y sont pas à beaucoup près aussi rares que les Oies naines (*Anser Temminckii* Boie, *Anser minutus* Naum.), avec lesquelles elles ne peuvent pas être confondues; elles paraissent également pousser leurs migrations jusqu'en Egypte, car le Musée de Leyde en reçût une de cette contrée.

Anas casarca L.; *Anas rutila* Pall. Le Muséum d'Histoire naturelle de Leyde vient d'acquérir un superbe mâle, tué le 6 Octobre 1869 près de Waardenburg, village situé en Gueldre aux frontières hollandaises, dans l'île basse formée par les deux branches du Rhin appelées Leck et Waal. Quoique cet oiseau ne porte au plumage aucune trace de captivité, il se pourrait néanmoins qu'il se fût échappé de quelque ménagerie; cependant

le Canard casarca, originaire du midi de la Russie ainsi que de l'Asie tempérée, s'égara plusieurs fois jusque dans les contrées centrales et occidentales de l'Europe, telles que l'Allemagne et l'Angleterre.

Anas tadorna L. Quelques paires isolées nichent annuellement dans les dunes de notre province; l'espèce se reproduit cependant en plus grand nombre sur nos îles, et elle se montre sur nos grandes eaux souvent dès les mois de Janvier et de Février. On pourra consulter au sujet des diverses espèces de Canards, tant proprement dits que plongeurs, notre Notice sur les Canards observés en Hollande (*Ned. Tijdschrift* etc. I).

Fuligula affinis Eyton. Cette espèce, très-voisine du Milouinan (*F. marila* Steph.), s'égare parfois de l'Amérique jusque sur les côtes européennes: une femelle fut prise sur celles de la Hollande le 21 Décembre 1859 (Schlegel. *Mus. d'Hist. nat. des Pays-Bas*).

Sula bassana Briss. Le Fou de Bassan est souvent poussé par des causes accidentelles jusque sur les côtes méridionales de la mer du Nord, cependant on n'y rencontre habituellement que des individus hors d'état de s'enfuir ou de se défendre. Nous l'avons observé en Hollande surtout aux mois de Septembre, d'Octobre, de Novembre et de Décembre, mais plus rarement en Février et en Avril. Les jeunes s'y montrent plus fréquemment que les adultes, ce qui paraît être le contraire aux côtes d'Allemagne.

Sterna anglica Mont. La Sterne Hansel visite accidentellement notre patrie; le Muséum de Leyde possède un mâle tué par M. Schlegel, le 15 Août 1838, sur le lac de Harlem.

Sterna caspia Pall. Cette grande espèce se montre de temps en temps non-seulement le long des côtes de la Hollande, mais aussi dans l'intérieur de cette province; le Musée des Pays-Bas renferme entre autres deux individus, dont l'un fut tué sur l'île de Texel et l'autre dans le voisinage de Leyde, en Juin 1847.

Sterna paradisea Brünn.; *St. macroura* Naum.; *St. arctica* T. Cet Oiseau ne se reproduit nulle part dans les Pays-Bas; il visite cependant nos côtes au printemps, parfois dès le mois de Mars.

C'est à juste titre que M. Schlegel (*Mus. d'Hist. nat. des*

Pays-Bas; Sternae p. 15) considère le *St. paradisea* de Brünnich comme identique à l'espèce dont nous traitons, et qu'il le distingue spécifiquement de celle que Montagu (*Orn. Dict. Suppl.*) désigna du nom de *St. Dougallii*, que Vieillot ainsi que Temminck ont dûment adopté, mais auquel on a substitué récemment par erreur celui de *St. Douglasii*.

Sterna nigra L. 1758 et 1761, Briss. 1760, nec Gmel.; *St. fissipes* et *naevia* L. 1766, nec Pall. Dans ce même volume nous avons tâché de démontrer l'identité des *St. nigra* et *fissipes* de Linné; nous y avons communiqué que quelques individus de cette espèce séjournent parfois en Hollande jusqu'à la fin de Septembre.

Larus minutus Pall. Cette Mouette se reproduit parfois à l'embouchure de la Meuse, cependant on ne la rencontre que très-rarement dans les autres parties de notre province; on l'y a observée aux mois d'Août, de Novembre et de Décembre.

Larus ridibundus L. La Mouette rieuse nous quitte habituellement en Septembre ou en Octobre, et nous revient en Mars ou en Avril; quelques individus se montrent cependant parfois sur nos eaux au milieu de l'hiver.

Larus canus L. Nous ne connaissons aucune localité en Hollande où cette espèce se propage habituellement; cependant elle y est ordinairement très-abondante pendant toute la rude saison, depuis le mois d'Octobre ou de Novembre jusqu'en Mars ou en Avril; elle s'y voit plus rarement en Août et en Mai.

Larus glaucus Brünn. On n'aperçoit que très-accidentellement les adultes sur les côtes de la Hollande; cependant les jeunes s'y montrent plus fréquemment, en hiver.

Larus tridactylus L. Cet oiseau visite nos côtes souvent en grand nombre pendant l'hiver, jusqu'en Février ou en Mars; il s'y montre parfois dès le mois de Septembre, mais on n'y rencontre que très-rarement des adultes au mois de Juin.

Stercorarius pomarinus Vieillot 1819, Gray 1840. Cette espèce s'égare quelquefois jusque sur nos côtes, par suite de forts ouragans; on l'y observa en Novembre et en Janvier.

Procellaria glacialis L. Les forts coups de vent jettent parfois le Pétrel fulmar sur les côtes de la Hollande, non-seulement au milieu de l'hiver, mais aussi en Mars.

Proc. pelagica L. Ce Pétrel hirondelle fut trouvé sur nos côtes après de fortes tempêtes, à diverses époques de l'année; nous l'y vîmes aux mois de Septembre, d'Octobre, de Novembre, de Décembre et même en Mai. Les individus portant du blanc à l'aile y sont cependant plus fréquents que ceux qui en sont privés.

Alca alle L. Cette espèce ne visite la Hollande que rarement, en hiver; elle s'y voit quelquefois cependant dès le mois de Novembre.

Alca torda L. Le Pingouin est dans certaines années très-abondant le long de nos côtes pendant toute la rude saison; on l'y rencontre même quelquefois au milieu de l'été.

Lunda arctica Pall.; *Lunda* Gesner; *Alca arctica* L. 1758; *Fratercula* Briss.; *Mormon arcticus* Ill. Le Macareux est poussé parfois sur les côtes de la Hollande; nous l'y avons observé en Novembre et en Mars.

Cepphus torquatus Pall.; *Cepphus* Moehr 1752; *Colymbus torquatus* Brünn. 1764; *Col. glacialis* L. 1766. L'espèce ne visite les Pays-Bas que très-rarement; nous ne possédons qu'un seul mâle en plumage parfait, pris sur l'île de Wieringen en Mai 1856.

Nous donnons aux Plongeons la dénomination générique proposée par Moehring, parce qu'elle est de beaucoup antérieure à celle de *Podiceps* que Latham adopta pour le genre Grèbe, auquel il convient cependant de conserver le nom de *Colymbus*, qui lui fut appliqué par Brisson, et que Linné employa pour la réunion de ces deux groupes d'oiseaux. Le mot *Cepphus* est d'origine grecque (Κεπφος) et signifie un oiseau de mer; son emploi en ornithologie ne peut donc être empêché par la circonstance, que les entomologistes ont appliqué à un genre d'insectes de l'ordre des Hyménoptères le nom de *Cephus*, dèrivé sans doute du mót grec Κηφήν, ce dernier nom étant d'ailleurs plus récent, puisqu'il ne date que de Fabricius.

Cepphus septentrionalis Pall.; *Col. septentrionalis* L. Les jeunes

de cette espèce sont souvent assez communs en Hollande pendant la rude saison, depuis le mois d'Octobre ou de Novembre jusqu'en Avril ou en Mai. On y rencontre parfois au printemps des individus en robe de noces, et nous reçûmes en Septembre 1869 un mâle en pleine mue. Les adultes y sont cependant beaucoup plus rares que ceux du *Cepphus arcticus* Pall. (*Col. arcticus* L.), qui ne s'y montre toutefois pas si fréquemment que le Plongeon à gorge rousse.

Afin de ne pas trop changer les noms, nous préférons conserver au dernier oiseau la dénomination spécifique généralement adoptée, quoique le droit de priorité revienne à un des trois noms proposés par Brünnich, (*Orn. Bor.*), et notamment à celui de *borealis* sous lequel l'auteur désigna l'état intermédiaire, ceux de *Lumme* et de *stellatus*, qui ont rapport au plumage parfait et à la livrée du jeune âge, ayant été appliqués également aux deux autres espèces de Plongeons.

Colymbus cristatus L. Le Grèbe huppé se reproduit sur nos lacs; il est cependant plus abondant, à la saison des couvées, en Frise qu'en Hollande, où il se voit aussi pendant les hivers peu rigoureux.

Col. grisegena Bodd.; *Col. rubricollis* Gmel. Quelques paires nichent annuellement sur les eaux de l'intérieur de la Hollande; l'espèce s'y montre parfois, ainsi que sur nos côtes, dès le mois de Février, et y séjourne ordinairement jusqu'en Octobre.

Col. auritus L. 1758; *Col. cornutus* Gmel. Ce Grèbe visite la Hollande, quoique peu régulièrement, depuis le mois d'Octobre et souvent aussi au milieu de l'hiver. Les adultes en habit de noces s'y rencontrent plus rarement en Mars et en Avril, et quelquefois même jusqu'en Mai.

Col. nigricollis Blas.; *Col. auritus* Briss. Cette espèce, qui se propage dans une seule localité de notre patrie, s'y voit aussi en Octobre, ainsi qu'au printemps, souvent dès le mois de Mars, mais ne s'y montre jamais en hiver.

HARLEM, Décembre 1869.

SUR LE

MOUVEMENT PÉRISTALTIQUE DE L'URETÈRE,

PAR

Th. W. ENGELMANN.

Parmi les phénomènes physiologiques dont l'origine et le mécanisme ne trouvent jusqu'ici dans la science que des explications purement hypothétiques, le mouvement péristaltique des muscles involontaires est un de ceux qui méritent le plus de fixer notre attention. Il y a à peine un phénomène aussi commun, et il y en a à peine un qui soit plus mal compris. Mais aussi, il y en a à peine un auquel l'étude, dont il était si digne, ait fait défaut plus longtemps. J'ai cru devoir essayer de combler cette lacune regrettable. Pour l'observation du mouvement péristaltique on s'est adressé habituellement aux intestins. M. le professeur Donders a dirigé mon attention sur l'uretère. En effet, il serait difficile de trouver un organe qui convienne, au même degré que l'uretère, pour les recherches tant anatomiques que physiologiques. J'espère que cette assertion ne sera pas démentie par les résultats que j'ai à faire connaître.

Deux questions principales étaient à résoudre. L'une concerne le mécanisme par lequel s'opère la progression péristaltique du mouvement, l'autre, les conditions et les causes des contractions spontanées de l'uretère. On ne pouvait songer à établir la solution de ces questions que sur l'appui d'une base anatomique solide. D'après les opinions actuellement régnantes, non-seulement la progression péristaltique de la contraction, mais aussi la production première des mouvements périodiques spontanés exige-

raient le concours de cellules ganglionnaires et de fibres nerveuses. On sait quel soutien cette opinion a reçu des découvertes anatomiques de MM. Remak, Meissner, Manz, Auerbach et autres. Il semblait en effet résulter de ces découvertes, avec grande probabilité, que chaque organe dans lequel on observe des mouvements péristaltiques possède un système nerveux central propre. Dès lors, rien n'était plus naturel que de supposer une connexion entre la disposition anatomique spéciale et le phénomène physiologique spécial. Or, il y avait lieu d'espérer que l'uretère fournirait le moyen de décider si une pareille connexion existe réellement.

Comme on était jusqu'à présent dans une ignorance presque absolue au sujet de la présence de cellules ganglionnaires et au sujet de la distribution et de la terminaison des nerfs dans l'uretère, une étude microscopique aussi exacte que possible devait nécessairement précéder les recherches expérimentales. Cette étude, et en outre les expériences qui se rapportent au mécanisme du mouvement péristaltique et aux propriétés de l'onde de contraction, ont fait l'objet de la dissertation de M. le Dr. Bouvin, *Over den bouw en de beweging der ureteres* (Utrecht, 1869) [1]), dans laquelle les résultats obtenus ont déjà été communiqués en détail. Pour ce qui regarde ces deux points, je me contenterai donc de résumer ici les résultats essentiels, après quoi je passerai immédiatement à mon thème spécial: les causes et les conditions de la production des contractions spontanées.

I. Sur la structure de l'uretère.

L'uretère [2]), conduit long de 11 à 14 centimètres, est composé de quatre couches: une membrane adventice, une tunique

[1]) Voyez aussi: *Onderzoekingen gedaan in het physiolog. laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool*, 2e série, T. II, 1868—1869.

[2]) Toutes les données, à moins que le contraire ne soit mentionné expressément, se rapportent au lapin. Aussi bien pour l'étude anatomique que pour les

musculaire, une membrane muqueuse et un épithélium stratifié. A son extrémité supérieure il se continue directement avec le bassinet du rein, qui a à peu près la même composition; inférieurement, il traverse la paroi de la vessie, entouré d'un prolongement mince de la membrane adventice. La tunique musculaire comprend, sur presque toute la longueur de l'uretère, une couche interne longitudinale et une couche externe transversale. Près de la vessie et en haut vers le passage dans le bassinet (isthme), la disposition des fibres est plus irrégulière, et on n'observe plus de séparation en deux couches. Dans le bassinet, la couche transversale prédomine fortement. A l'entrée du bassinet, la membrane muqueuse devient presque subitement très mince. L'épithélium est déjà suffisamment connu par les recherches antérieures.

Les résultats les plus importants de l'étude microscopique sont relatifs à la structure intime de la couche musculaire, au trajet et à la terminaison des nerfs, et à l'existence supposée de cellules ganglionnaires.

Il a été constaté que la couche musculaire de l'uretère, à l'état tout à fait frais, forme optiquement un tout continu, dans lequel il est impossible de distinguer des démarcations entre les fibres musculaires. Ce n'est qu'à la mort du tissu, que la masse contractile, d'apparence primitivement homogène, se divise en quelque sorte en fibres-cellules séparées. Une étude comparative a montré qu'il en est de même pour la membrane musculaire des vaisseaux, de la vessie et des intestins de la grenouille; le fait paraît donc être d'une nature très générale.

En second lieu, j'ai trouvé que le nombre des terminaisons nerveuses qui peuvent être reconnues dans la couche musculaire de l'uretère est 25—50 fois plus petit que le nombre des fibres-cellules lisses. Les nerfs, qui pénètrent dans l'uretère uniquement

recherches physiologiques, on doit prendre des animaux dont l'uretère et le rein ne soient pas enveloppés de graisse Des lapins qui ont jeûné pendant quelques jours sont les sujets qui conviennent le mieux. Voyez: Bouvin, pag. 2.

en haut, près du rein, et en bas, près de l'extrémité vésicale, sont en majeure partie des fibres pâles, en petite partie des fibres à bords foncés. Ils forment un plexus à longues mailles dans la membrane adventice. De ce plexus partent des branches qui se rendent dans la couche musculaire, soit pour s'y arrêter, soit pour pénétrer plus profondément, dans la membrane muqueuse, où elles se résolvent en longs rameaux déliés, qui se terminent en partie dans le tissu connectif, en partie dans l'épithélium. Les fibres nerveuses de la membrane musculaire, qui consistent en partie en grosses fibres à moelle, se ramifient dans la musculeuse en filaments minces à noyaux. Les ramifications terminales ont 0,0001 — 0,00015 millimètre d'épaisseur, sont assez courtes et beaucoup moins nombreuses que les fibres musculaires lisses. On n'a pu découvrir aucune connexion entre ces ramifications et les noyaux des muscles. Un examen comparatif de la manière dont les nerfs se terminent dans la vessie de la grenouille, a fait voir qu'ici également le nombre des fibres terminales, dans la couche musculaire, est de beaucoup inférieur à celui des fibres-cellules, et que le mode de terminaison est semblable à celui qu'on trouve dans l'uretère. Il ne m'a pas été donné de voir le réseau nerveux terminal décrit dernièrement par M. Arnold, mais j'ai bien rencontré une série de faits qui montrent que ce réseau n'est qu'un produit artificiel. Les observations de M. Klebs ont été confirmées dans ce qu'elles ont d'essentiel.

Enfin, j'ai pu fixer, avec pleine certitude, en quels points de l'uretère existent des cellules ganglionnaires. Il a été reconnu que ce n'est que dans l'adventice, — et, là même, seulement sur les 3 — 4 centimètres inférieurs de l'uretère, — qu'on trouve des cellules nerveuses, lesquelles sont placées sur le trajet des troncs nerveux principaux. Dans le voisinage du bassinet, on n'a rencontré que rarement 2 — 3 cellules ganglionnaires. Dans la musculeuse et dans la membrane muqueuse, elles manquent entièrement.

II. Sur le mouvement péristaltique de l'uretère.

Si l'on observe l'uretère immédiatement après avoir ouvert la cavité abdominale, et les intestins étant renfermés dans une vessie humide et chaude, on remarque qu'il se contracte en périodes de 10 — 20 secondes (de 1 — 3 secondes chez le rat). La contraction s'avance, sous forme d'onde, depuis le hile du rein jusqu'à la vessie. Elle se manifeste par un étranglement cylindrique et un raccourcissement de l'uretère. En même temps, ce dernier pâlit aux endroits contractés. La contraction et le relâchement paraissent atteindre leur maximum avec une rapidité égale. Leur durée totale s'élève à environ $\frac{1}{3}$ de seconde dans des uretères frais et chauds. Pendant la pause subséquente, le relâchement persiste. La longueur de l'onde de contraction qu'on peut évaluer directement à l'aide de la décoloration qui l'accompagne, est d'environ 1 centimètre; la vitesse de propagation de la contraction s'élève au maximum à 30 millimètres, mais souvent elle n'est, dès le commencement, que de 25 millimètres. L'onde commence toujours à l'extrémité supérieure de l'uretère; jamais, dans son mouvement progressif, elle ne saute une partie du conduit, quelque petite qu'elle soit. Des mouvements spontanés antipéristaltiques n'ont pas été observés une seule fois.

Sous l'influence d'*irritations mécaniques*, l'uretère se comporte exactement comme s'il était une fibre musculaire creuse colossale, sans nerfs moteurs. Lorsqu'on le meurtrit en quelque endroit, il part du point irrité une onde de contraction vers les deux côtés, par conséquent une onde péristaltique et une antipéristaltique. La vitesse avec laquelle ces ondes se propagent le long du conduit est de 25 — 30 millimètres pour des uretères frais. Sauf quant au sens du mouvement, il n'existe aucune différence entre l'onde péristaltique et l'onde antipéristaltique.

L'irritation mécanique ne donne lieu à une contraction, que lorsque la couche musculaire de l'uretère est irritée directement.

Ni par froissement ou section de l'adventice et des nerfs qui la parcourent, ni par irritatation de l'épithélium et de la membrane muqueuse, on n'obtient de contraction; celle-ci ne se produit même pas à la suite de l'irritation mécanique des grands troncs nerveux, près du hile du rein et près de l'extrémité vésicale de l'uretère. Comme, en outre, l'irritation de ces nerfs par décharges d'induction ne donne également jamais lieu à la contraction, on doit bien admettre *que l'uretère ne possède pas de nerfs moteurs.*

Le mouvement péristaltique et antipéristaltique, à la suite d'irritations mécaniques, s'établit aussi, et exactement de la même manière, après que l'uretère a été coupé en haut et en bas. On peut l'observer encore sur des petits fragments, entièrement séparés du corps de l'animal, et cela soit qu'ils proviennent des deux tiers supérieurs ou du tiers inférieur de la longueur de l'uretère, c'est-à-dire, soit qu'ils contiennent des cellules ganglionnaires, ou non. *Le mouvement péristaltique se produit donc sans le concours de cellules ganglionnaires.*

L'irritabilité mécanique paraît être au commencement la même sur tous les points de la longueur de l'uretère. Elle diminue lorsque la température s'abaisse, mais elle n'est pas encore éteinte à 20° C. Par le réchauffement, elle peut être rétablie. Elle décroît aussi, bien que lentement, après l'arrêt de la circulation sanguine. Elle augmente de nouveau quand la circulation reprend son cours. Immédiatement après chaque contraction elle est $= 0$, mais elle reparaît peu à peu pendant la pause: au bout d'une seconde tout au plus, lorsque les conditions sont aussi normales que possible, plus lentement, s'il s'agit de fragments de l'uretère tout à fait détachés.

En suite de l'abaissement de la température ou de l'arrêt de la circulation, la *durée de la période de contraction* augmente jusqu'à 2 secondes et plus. En même temps, *l'amplitude de la contraction* diminue. Toutes les deux peuvent revenir (plus ou moins complétement) à l'état normal, par le réchauffement ou par le rétablissement de la circulation.

Les mêmes influences qui affaiblissent l'irritabilité de l'uretère font aussi décroître son *pouvoir de conduction* et la *vitesse de pro-*

pagation de l'onde de contraction. Dans des uretères refroidis, soustraits à la circulation sanguine ou fatigués, l'onde de contraction devient de plus en plus faible à mesure qu'elle s'éloigne de son point de départ, jusqu'à s'effacer tout à fait. Finalement, elle est limitée à l'endroit directement irrité. Le réchauffement, le retour du sang ou le repos peuvent restaurer le pouvoir de conduction. L'influence de la température sur la vitesse de propagation se manifeste avec beaucoup d'évidence. Quand le refroidissement est progressif (de 39° C. jusque vers 30° C.), la vitesse de propagation tombe lentement de 30 millimètres jusqu'à 7—10 millimètres. Elle se relève dès que la température remonte. Des effets analogues se produisent suivant qu'on suspend ou permet le libre afflux du sang. Immédiatement après chaque contraction, la vitesse de propagation est si petite qu'elle cesse d'être mesurable. Pendant la pause, elle augmente de nouveau. Dans des conditions aussi normales que possible, elle a repris sa valeur primitive au bout de 10 secondes (chez le rat environ après 1 seconde). Lorsqu'on opère sur des uretères refroidis ou soustraits à la circulation, elle se rétablit beaucoup plus lentement et n'atteint ordinairement plus sa valeur première. Par la mesure des changements qui se produisent dans la vitesse de propagation, à la suite d'une contraction, on peut obtenir une expression de la marche de l'épuisement.

La *longueur de l'onde de contraction* — ainsi que nous l'apprennent l'observation directe de la décoloration et la comparaison de la vitesse de propagation avec la durée de la contraction — paraît être, dans une large limite, indépendante de la température et de l'afflux du sang. Elle se maintient à la valeur de 1 centimètre.

Les résultats de l'étude anatomique et physiologique, tels que nous venons de les résumer, fournissaient des données suffisantes pour une *théorie du mouvement péristaltique.* L'observation microscopique avait appris que la couche musculaire lisse, à l'état physiologiquement frais, forme, au point de vue optique, un ensemble continu sur toute la longueur de l'uretère, c'est-à-dire qu'on ne peut y reconnaître aucune division en cellules distinctes. On avait

constaté de plus, que le nombre des terminaisons nerveuses est 25 à 30 fois plus petit que celui des cellules musculaires lisses, et enfin, qu'on ne trouve de cellules ganglionnaires que dans le tiers inférieur de l'uretère. Quant à l'étude expérimentale, elle avait prouvé que l'uretère ne possède pas de nerfs moteurs, que le mouvement péristaltique et antipéristaltique se produit tout aussi bien et présente les mêmes caractères dans des fragments d'uretère qui ne contiennent pas de *cellules ganglionnaires*, que dans des fragments qui sont pourvus de pareilles cellules: dans toutes les expériences, l'uretère s'était comporté comme s'il était constitué par *une seule* fibre musculaire de la vie organique, creuse et de dimensions colossales. Ces divers résultats ne permettaient qu'une seule hypothèse, savoir: *que la progression péristaltique et antipéristaltique du mouvement est due à ce que l'irritation se transmet directement d'une fibre musculaire à l'autre, sans l'intervention de cellules ganglionnaires et de fibres nerveuses.* On doit même se figurer que le mouvement progressif de la contraction repose sur la transmission, d'une fibre musculaire à l'autre, d'une action moléculaire, action identique à celle qui se propage, comme onde d'irritation, dans chaque fibre musculaire séparée [1]). A l'état normal, la substance contractile forme donc, physiologiquement, un ensemble continu sur toute l'étendue de l'uretère. Les cellules musculaires lisses n'ont, en elles-mêmes, pas d'individualité physiologique propre.

L'idée de la progression d'une action moléculaire de cellule à cellule, sans l'intervention de nerfs et de cellules ganglionnaires, n'a du reste rien d'extraordinaire. Qu'on se rappelle seulement la progression péristaltique du mouvement vibratile dans les branchies des mollusques bivalves, phénomène où les nerfs ne jouent évidemment aucun rôle [2]). Il est très probable qu'une action analogue se passe aussi dans le cœur. Le fait que les faisceaux musculaires du cœur peuvent être partagés en cellules séparées,

[1]) Voyez, pour une exposition plus détaillée de cette théorie, Bouvin, *l. c.*, p. 79 et suiv.

[2]) Voyez, *Archief voor Natuur- en Geneesk.*, T. IV, p. 334.



ne prouve nullement que les cellules soient isolées l'une de l'autre pendant la vie. Les fibres musculaires striées transversalement peuvent aussi être partagées, d'une manière encore plus simple, en petits disques séparés; et pourtant, personne ne doute que, dans la fibre musculaire vivante, ces disques ne soient tellement unis entre eux qu'ils forment physiologiquement un tout continu, et que, par conséquent, l'action moléculaire qui donne lieu à la contraction ne puisse se transmettre directement de disque à disque. La question de savoir si la théorie du mouvement péristaltique, qui vient d'être donnée, s'applique non-seulement à l'uretère, mais encore à d'autres organes composés de fibres musculaires lisses (peut-être à la totalité de ces organes), doit être réservée à des recherches ultérieures.

III. Sur les conditions et les causes des mouvements spontanés de l'uretère.

Munis des notions expérimentales acquises dans ce qui précède, nous pouvons passer maintenant au second objet principal de notre étude physiologique, savoir, à la question quelles sont les causes et les conditions qui donnent naissance aux mouvements spontanés des uretères. Suivant quelle voie anatomique, peut-on se demander en premier lieu, au moyen de quel mécanisme, l'irritation périodique de la substance musculaire des uretères est-elle produite? Pour résoudre ces questions, considérons les hypothèses qui peuvent être invoquées pour l'explication du phénomène remarquable dont il s'agit.

L'opinion la plus commune, et qui en effet se présente le plus naturellement, est que l'irritation, qui donne lieu aux contractions spontanées, a son point de départ dans le produit de la sécrétion rénale; on se figure que celui-ci donne l'impulsion au mouvement, soit mécaniquement, par distension du bassinet et des uretères, soit chimiquement, par irritation de nerfs centripètes et action réflexe. Examinons si tous les phénomènes observés peuvent être mis d'accord avec cette hypothèse.

Si l'on admet que la cause des contractions spontanées est de nature mécanique, c'est-à-dire, qu'elle consiste dans la distension du bassinet ou de l'uretère par le liquide sécrété dans les reins, alors on peut faire de nouveau différentes suppositions au sujet du mécanisme suivant lequel cette cause opère pour provoquer les contractions. On peut se figurer que la dilatation des parois entraîne l'irritation de certains nerfs moteurs ou de certaines fibres sensitives qui les parcourent, et que celles-ci mettent en jeu, par l'intermédiaire de cellules ganglionnaires, les nerfs moteurs de la substance musculaire. Mais on peut aussi imaginer que, dans l'action exercée sur les parois, la substance musculaire elle-même est irritée directement, soit par distension, soit par pression contre le tissu rénal voisin. Quelle que soit d'ailleurs l'opinion qu'on professe à cet égard, cela ne change rien à la question essentielle. Avant tout, il s'agit de décider si nous pouvons admettre que le stimulant pour les mouvements normaux réside dans la dilatation du bassinet ou de l'uretère par le liquide qu'a sécrété le rein.

Il y a toute une série de faits qui semblent solliciter une réponse affirmative. En premier lieu, je citerai le phénomène connu, que les ondes de contraction spontanées se suivent beaucoup plus rapidement lorsque la sécrétion est activée, comme il arrive, par exemple, peu de temps après l'ingestion d'une grande quantité de boisson. Ce fait avait déjà été observé chez l'homme, dans un cas d'exstrophie de la vessie, par M. J. A. Mulder [1]), et il avait été confirmé par M. Donders [2]) pour le lapin et pour le chien. Ce dernier savant remarqua, — ce qu'il est facile de constater chez des animaux qui viennent de boire beaucoup, — que pendant la pause consécutive à chaque contraction, les uretères, surtout à leur extrémité supérieure, se remplissent de nouveau peu à peu de liquide, ce qui occasionne une dilatation assez

[1]) J. A. Mulder, *Aanteekeningen omtrent eene splijting van den voorrand der piswerktuigen.* (*Ned. Lancet*, 1845 — 1846. p. 611 et suiv.)

[2]) Donders, *Peristaltische samentrekking der ureteren.* (*Ned. Lancet*, 1852 — 1853, p. 206 et suiv.)



notable de leurs parois. Après que la dilatation a atteint un certain degré, il se produit habituellement une nouvelle contraction. Lorsque chez un animal vivant les mouvements spontanés ont complétement cessé, il suffit d'appliquer un clystère d'eau chaude, pour faire reparaître, au bout d'un petit nombre de minutes, des mouvements passablement réguliers et fréquents. En observant alors simultanément les orifices des uretères dans la vessie, on constate qu'à chaque onde de contraction une grosse goutte de liquide est expulsée, et souvent on peut voir aussi comment, pendant la pause, l'uretère s'emplit successivement de liquide à partir d'en haut, liquide que la contraction subséquente chasse vers l'extrémité inférieure.

Et pourtant, en dépit de ces faits, il faut renoncer à l'opinion que la distension des parois urétérales soit le stimulant qui donne naissance à la contraction. Je pourrais invoquer tout d'abord la circonstance que, par l'élargissement artificiel du diamètre de l'uretère (par pression sur les parois internes ou par injection d'un liquide), il ne m'a jamais été possible de produire une contraction, pourvu que j'eusse soin de ne porter en même temps aucune atteinte directe à la couche musculaire. Mais il y a des objections bien plus fortes. J'ai reconnu, en effet, que les mouvements continuent à se suivre avec leur fréquence normale, même quand les reins ne sécrètent pas de liquide en quantité appréciable, quand, par conséquent, les parois du bassinet et de l'uretère ne sont soumises à aucune pression intérieure. Les faits qui établissent cette vérité sont les suivants :

Chez des lapins qui ont jeûné pendant longtemps et qui, plus d'un jour avant l'expérience, n'ont rien bu du tout, la fréquence des mouvements spontanés est souvent trouvée égale, et parfois même supérieure, à celle qu'on observe chez des animaux bien nourris et auxquels, peu de temps auparavant, on a fait boire copieusement de l'eau ou du lait. La durée de chaque période est, chez le lapin, de 9 à 10 secondes, quand les conditions sont aussi favorables que possible; dans les circonstances ordinaires, elle est plus longue et atteint 12, 15

et même 20 secondes. Du reste, les périodes ne sont pas toutes également longues [1]). Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on observe une longue suite de périodes de même durée. Souvent dès le commencement de l'expérience, des périodes plus longues et d'autres plus courtes alternent sans beaucoup de régularité. Comme exemple, je fais suivre ici un tableau indiquant la durée des périodes successives, telle qu'elle fut observée, sur différents lapins, dans les premiers instants après l'ouverture de la cavité abdominale. L'observation doit, naturellement, se faire aussi près que possible du hile du rein, vu que, comme nous l'avons dit

Durée (en secondes) des périodes urétérales chez les lapins.

N°. 21.	N°. 23.	N°. 24.	N°. 37.	N°. 21.	N°. 23.	N°. 24.	N°. 27.
11	15	25	14	8	18	15	23
9	13	25	11	10		15	30
10	15	20	11	12		15	20
10	13	16	11	10		15	18
10	13	14	12	12		14	33
10	17	20	24	20		14	20
9	15	19	12	18		14	30
9	—	17	13			14	27
10	16	19	13			17	21
12	20	18	15			15	18
10	18	18	16			14	16
11	18	19	17			14	15
12	19	18	16			—	17
10	20	19	25			10	16
10	19	18	13			20	18
10	15	16	14			12	37
11	15	16	19			14	21
11	18	16	21			28	25
11	18	16	24			14	
12	18	16	17				

[1]) Chez les rats vigoureux les mouvements se succèdent d'une manière extrêmement rapide et régulière, avec des pauses de 1 à 2 secondes. Le phénomène ne saurait ici être mieux comparé qu'aux battements du cœur.

plus haut, les ondes ne se propagent pas toujours jusqu'au bout. Le lapin No. 21 était de taille moyenne et n'avait pris depuis plusieurs jours aucune nourriture, ni solide, ni liquide. Les Nos. 23 et 24 étaient des animaux de grande taille, bien nourris, gras, et qui avaient bu copieusement. Le No. 37 était un grand lapin, qui avait été privé de tout aliment pendant 3 jours; toutefois, une heure avant l'expérience, il avait bu une assiette d'eau et de lait.

Un coup d'œil jeté sur ce tableau montre que la durée des périodes était la plus courte et la plus régulière chez le lapin qui n'avait pas bu. Chez cet animal, il n'y avait non plus aucune trace visible de remplissage de l'uretère pendant les pauses entre les contractions; et l'inspection des orifices des uretères, après que la vessie eut été ouverte, confirma la cessation de toute sécrétion de liquide, car, pas une goutte d'urine ne s'y montrait.

Ces faits sont d'accord avec les résultats des expériences suivantes, qui prouvent que la cause des mouvements spontanés ne doit pas être cherchée dans la distension des parois de l'uretère ou du bassinet, et que la pression à laquelle ces parois sont soumises n'a, au moins entre certaines limites, aucune influence sur la fréquence des contractions. La première de ces expériences consiste à couper transversalement l'uretère tout près du rein, soit à la partie supérieure du bulbe, soit à l'isthme. L'urine peut alors s'écouler librement du bassinet, et les parois de celui-ci ne se trouvent par suite, à aucun instant, sous pression positive. Néanmoins, les mouvements périodiques continuent à se produire, de la manière ordinaire, sur le tronçon resté attaché au rein. Souvent, on ne remarque pas même de changement dans leur fréquence. Parfois même, les mouvements sont accélérés, plutôt que retardés. L'expérience suivante en fournit un exemple.

Expérience. (No. 37). Lapin de grande taille, bien nourri. Cavité abdominale ouverte. Intestins dans une vessie humide et chaude. Température dans l'anus 39° C. — Les chiffres donnent la durée des périodes en secondes.

Avant la section de l'uretère: 12, 15, 18, 17, 12

L'uretère est coupé à 2 centimètres au-dessous de l'isthme:

15, 20, 12, 11, 13, 17, 20, 20, 17, 15, 11, 12, 18,
18, 26, 16, 18, 23, 15, 8, 12, 13, 12, 13, 11, 19, 14, 21.

Le bulbe de l'uretère est coupé tout près du bulbe du rein. On ne voit plus qu'un court tronçon sortant de l'intérieur du rein (isthme ou commencement du bassinet): 14, 19, 20, 12, 19, 12, 11, 12, 12, 12, 11, 10.

Si l'on fait maintenant l'expérience opposée, en liant l'uretère à quelque distance du bassinet, pendant que la sécrétion du rein est en pleine activité, alors la pression croît rapidement dans la partie supérieure isolée, comme le montre sa dilatation, mais on ne constate aucune augmentation nette de la fréquence des contractions. Le plus souvent même, la durée des premières périodes, après la ligature, est un peu plus grande que celle des périodes immédiatement antérieures. Si les périodes étaient primitivement irrégulières, elles conservent d'abord ce caractère. Mais, au bout de quelque temps, il n'est pas rare de les voir devenir plus régulières et un peu plus fréquentes. Cela arrive du reste aussi, comme l'apprend l'expérience No. 37, lorsque l'uretère est coupé et reste béant. L'influence de la ligature ressortira des deux expériences suivantes.

1. *Expérience.* (No. 24). Lapin grand et gras, qui avait bu de l'eau et du lait avant l'expérience: 12, 14, 28, 14, 12, 14, 17, 22, 17, 23, 15, 15.

L'uretère est lié à 2 centimètres au-dessous du rein:

17, 20, 27, 30, 34, 14, 16, 19, 21, 19, 17, 17,
16, 20, 13, 17, 17, 16, 17, 18, 17, 18, 17, 16, 18, 20.

2. *Expérience.* (No. 25). Lapin blanc, grand, bien nourri. Uretère droit. Durée des périodes. 11, 13, 12, 13, 12, 13, 13, 12, 12, 14, 23, 12, 27.

L'uretère est fermé, au moyen d'une pince à ressort, à 2 centimètres au-dessous de l'isthme:

22, 17, 25, 18, 13, 14, 25, 15, 12, 16, 14, 15, 11, 15,
15, 15, 14, 24, 16, 16, 13, 12, 12, 13, 14, 13, 12.

Nous allons maintenant faire connaître, comme se liant aux expériences précédentes, quelques faits qui ne sont pas dénués d'intérêt, et qui ont rapport à la relation existant entre la fréquence des contractions spontanées et la pression du sang dans

le rein, par conséquent aussi, la pression sous laquelle s'opère la sécrétion. Les conditions anatomiques favorables qu'on rencontre dans le lapin, savoir, la grande longueur et la position isolée de l'artère et de la veine rénales gauches, permettent de modifier à volonté l'afflux du sang au rein, sans occasionner d'autres troubles simultanés. Il est seulement à regretter qu'on ne soit pas maître de régler, séparément, l'afflux du sang vers les parois du bassinet et le tiers supérieur de l'uretère et celui vers le tissu proprement dit du rein.

Si l'on comprime au moyen d'une pince à ressort le tronc de l'artère rénale, si l'on arrête par conséquent la sécrétion urinaire, les contractions spontanées ne cessent pas brusquement, mais continuent pendant un certain temps (de une à dix minutes). La durée des premières périodes après la compression de l'artère peut encore être normale. Bientôt, elle augmente considérablement. Enfin, les mouvements cessent tout à fait. Si alors on rouvre l'artère, il se passe rarement plus de 10 à 20 secondes avant que n'apparaisse une première contraction, laquelle est bientôt suivie par d'autres. Lorsque la circulation du sang n'a été interrompue dans le rein que pendant peu de temps, la durée des périodes peut redevenir normale. Immédiatement après que l'artère a été comprimée, le rein s'affaisse, devient plus petit; dès que l'artère est relâchée, la glande se gonfle de nouveau.

Si l'on augmente la pression du sang dans le rein, en fermant la veine rénale au moyen de la pince à ressort, les mouvements spontanés persistent beaucoup plus longtemps qu'après l'étranglement de l'artère. Ordinairement la durée des périodes commence alors par diminuer un peu, pour augmenter ensuite. Immédiatement après la compression de la veine, le rein se gonfle, la capsule prend une forte tension, et la couleur du rein devient très foncée. Aussitôt qu'on remet la veine en liberté, le rein se déprime et la capsule se plisse, tandis que du sang noir s'écoule par la veine. Quinze à trente secondes après le rétablissement de la circulation, on observe alors ordinairement la première contraction, que d'autres ne tardent pas à suivre.

Si l'on ferme à la fois, par la pince à ressort, l'artère et la veine rénales, le résultat est essentiellement le même que lorsque l'artère seule est comprimée; pourtant, la durée des périodes augmente ordinairement avec plus de lenteur.

Ces divers résultats sont mis en évidence par les expériences ci-dessous. Les nombres y indiquent la durée des périodes en secondes. Les nombres placés entre parenthèses expriment, en secondes, le temps qui s'est écoulé entre la compression ou le relâchement du vaisseau sanguin et le commencement de la première contraction subséquente.

1. *Expérience*. (N°. 31). Lapin de petite taille. 25, 20, 20, 23, 23, 20, 20, 20, 20.
Artère rénale comprimée par une pince à ressort: 24 (7), 23, 43, 75.
Artère ouverte: 213 (16), 27, 29, 26, 25, 24, 22, 23, 23, 23, 23.
Veine rénale comprimée: 23 (20), 20, 21, 23, 32, 30, 26, 29, 35, 38, 36, 46, 125.
Veine ouverte: 65 (30), 30, 29, 26, 7, ?, 33, 35.

2. *Expérience*. (N°. 21). Lapin de taille moyenne, qui avait jeûné pendant 3 jours et n'avait plus bu depuis 48 heures. 18, 15, 14, 13, 17, 13, 13, 14, 16, 17, 15, 12, 17, 16.
Artère et veine rénales fermées: ?, 35, 42, 35, 45.
Artère et veine ouvertes: 88 (25), 25, 35, 45, 24, 26, 23, 22, 40, 25, 33.
Cinq minutes plus tard: 15, 20, 15, 12.
Artère rénale fermée: 95.
Artère ouverte: 157 (12), 23, 25, 20, 20, 25, 19.
Veine rénale fermée: 20 (15), 17, 20, 30, 33, 44, 43, 35, 40, 95.
Veine ouverte: 85 (20), 30, 20, 25, 27, 43.
Trois minutes plus tard: 28, 29, 31.
Artère rénale fermée: 42 (25).
Artère ouverte: 115 (20), 23, 25, ?, ?, 20, 30, 22, 23, 22.
Veine rénale fermée: 53 (30), 28, 17, 20, 23, 32.
Veine ouverte: 170 (15), 26, 29, 23, 30, 16, 21, 20, 20, 25, 20, 22, 23.
Artère et veine rénales fermées: 20 (9), 25, 35, 40, 65.
Artère et veine ouvertes: 265 (25), 25, 30, 32, 48, 55, 55, 68, 55.

Lorsque le rein uni à l'uretère est extrait rapidement du corps de l'animal, les mouvements spontanés continuent encore pendant plusieurs minutes, tout comme dans le cœur excisé. Aussitôt que l'artère et la veine rénales ont été coupées, le rein, dont le sang s'écoule, se réduit à un plus petit volume et devient d'un brun pâle. Il ne peut donc plus être question, dans ce cas, de sécrétion urinaire.

Les faits qui viennent d'être communiqués démontrent que la dilatation du bassinet ou de l'uretère n'est ni la cause, ni même une condition des contractions spontanées de l'uretère. Il reste maintenant à examiner une seconde hypothèse, celle suivant laquelle l'urine, qui recouvre la face interne de la membrane muqueuse du bassinet et de l'uretère, produirait sur les nerfs de la muqueuse une action chimique qui, par voie réflexe, exciterait la contraction. On peut se figurer que le liquide sécrété par les reins occasionne sur les extrémités nerveuses, épanouies à l'intérieur ou à la surface de l'épithélium de la muqueuse, une irritation continuelle, qui, transmise à des cellules ganglionnaires, s'y transforme en irritation rhythmique de nerfs moteurs. On peut même supposer que l'acte réflexe part de terminaisons nerveuses qui ne sont pas situées dans la muqueuse de l'uretère, mais en quelque point du tissu sécrétant du rein. L'étude anatomique nous apprend, en effet, que des nerfs se distribuent non-seulement dans la muqueuse des voies urinaires, mais aussi dans le tissu même du rein, et, en outre, qu'on trouve aussi un assez grand nombre de fibres nerveuses pâles et à bords foncés, qui se terminent dans la couche musculaire du bassinet. Enfin, on n'a qu'à songer aux cas nombreux dans lesquels des mouvements réflexes sont évidemment excités par l'irritation des nerfs sensitifs d'une membrane muqueuse, par exemple, aux mouvements de déglutition de l'œsophage, qui présentent, sous tant de rapports, de l'analogie avec le phénomène dont nous nous occupons. Et pourtant, malgré tous ces motifs, cette seconde hypothèse n'est pas plus acceptable que la première.

Dans l'état présent de nos connaissances, nous ne pouvons nous expliquer la production d'un mouvement réflexe qu'en admettant l'intervention de cellules ganglionnaires. Nous avons donc aussi à chercher des cellules nerveuses dans le cas actuel. Il serait possible que ces cellules fussent situées en dehors du rein, par exemple dans les ganglions du plexus rénal ou sur quelque autre point du trajet du nerf sympathique. Peut-être même, les cellules nerveuses que nous avons trouvées dans la partie inférieure de

l'uretère sont-elles les centres cherchés de l'action réflexe. Ni l'une ni l'autre de ces suppositions ne se vérifie. C'est ce que prouve une expérience très simple, consistant à couper les vaisseaux et les nerfs du rein, et l'uretère lui-même tout près du hile de la glande, puis à retirer du corps de l'animal le rein ainsi débarrassé de tous les tissus environnants. On voit alors, — dans le cas où des contractions spontanées se montraient avant l'opération, — des mouvements périodiques dans le tissu qui est resté attaché au hile du rein. Chaque mouvement consiste en une rétraction et une protraction de ce tissu, suivies d'une pause. La durée des périodes augmente rapidement; au bout de quelques minutes, tout est en repos. Il suit de cette expérience que les organes d'où part l'excitation pour les mouvements spontanés ont leur siége dans le rein lui-même. La question est seulement de savoir dans quelle partie du rein il faut les chercher. D'après notre hypothèse, nous devons nous attendre à rencontrer des cellules ganglionnaires. Que nous apprend à cet égard l'étude anatomique? J'ai examiné un grand nombre de reins de lapins et quelques-uns de rats et de souris [1]), sans trouver une seule cellule nerveuse, soit dans le tissu connectif du hile du rein ou dans celui qui entourne le bassinet, soit dans le tissu du rein lui-même. Quelquefois seulement j'ai rencontré chez des lapins, ainsi qu'il a déjà été dit plus haut, 2 ou 3 cellules ganglionnaires dans les gros troncs nerveux qui, accompagnés de grands vaisseaux sanguins, pénètrent dans le hile du rein. Peut-on admettre que 2 ou 3 cellules ganglionnaires suffisent pour mettre périodiquement en mouvement tout le bassinet du rein? Ou bien, d'autres cellules ganglionnaires m'ont-elles échappé? Cette dernière supposition n'a certainement rien d'invraisemblable. Il est impossible, en effet, qu'un organe aussi grand et aussi compliqué que le rein soit étudié sous le microscope assez minutieusement dans toutes ses parties, pour que, finalement, on puisse dire avec

[1]) Il va sans dire qu'on ne doit prendre pour cette recherche que des animaux maigres, par exemple. des lapins auxquels le jeûne a fait perdre leur graisse.

certitude: il n'y existe pas de cellules ganglionnaires. Ce n'est qu'à l'égard du bassinet et du tissu connectif qui l'entoure, que je pourrais déclarer catégoriquement, dans la plupart des cas, si les cellules ganglionnaires y font défaut ou non, et, dans ce dernier cas, combien de cellules s'y trouvent. L'étude de ces parties, surtout chez de petits animaux, est en effet très facile, du moins après que la graisse a disparu du tissu connectif, ce qui rend celui-ci extrêmement transparent: on peut alors suivre admirablement le trajet des fibres nerveuses et fixer le nombre de leurs ramifications. Or, ce n'est que par exception que j'ai trouvé des cellules nerveuses dans l'adventice du bassinet, et toujours en très petit nombre. Jamais je n'en ai rencontré dans la couche musculaire du bassinet. Les cellules d'où part, d'après l'hypothèse, l'excitation pour les contractions spontanées, doivent donc être situées dans le tissu propre du rein. Mais, s'il en est ainsi, l'irritation artificielle des nerfs qui naissent de ces cellules ganglionnaires doit aussi pouvoir éveiller les contractions du bassinet.

Je n'attache pas grande importance au fait que je n'ai jamais observé de cellules nerveuses dans le tissu glandulaire du rein. Un résultat bien plus significatif, c'est que, ni par irritation chimique ou mécanique, ni par irritation électrique du tissu rénal proprement dit, on ne parvient à exciter la contraction de l'uretère [1]). On ne peut d'ailleurs expliquer par l'action de nerfs enrayeurs cette absence de contraction à la suite de l'irritation du tissu du rein, vu que les contractions périodiques spontanées ne cessent pas, même quand on tétanise ce tissu au moyen de fortes décharges d'induction.

A ces arguments on pourrait opposer, il est vrai, qu'ils ne reposent pas sur une base anatomique parfaitement sûre. Une

---

[1]) Il faut avoir soin, dans ces expériences, que le bassinet ne soit pas atteint par des dérivations du courant électrique. Dans ce cas, en effet, il se produit, — surtout lors de l'établissement du courant constant, et aussi, au commencement, lors de l'irritation par de fortes décharges d'induction, — une contraction qui descend sous forme d'onde.



réfutation véritable de l'hypothèse d'après laquelle les mouvements spontanés de l'uretère seraient des phénomènes réflexes, ne nous est fournie que par le fait remarquable, que des fragments coupés de l'uretère peuvent exécuter des mouvements périodiques spontanés. M. Vulpian avait déjà observé ce fait. Lorsqu'il coupait l'uretère d'un rat à une certaine distance du rein, les deux parties continuaient à se contracter périodiquement. Après une seconde section de l'uretère, pratiquée en un point plus rapproché de la vessie, les trois fragments se contractaient rhythmiquement, d'abord d'une manière isochrone, ensuite à des intervalles différents. Rien de plus facile, en effet, que de constater des mouvements périodiques sur des tronçons séparés et tout à fait isolés de l'uretère. Je suis fâché seulement de n'avoir pas réussi à me procurer un plus grand nombre de rats pour mes recherches. Ce qu'il m'a été donné d'observer sur les trois sujets vivants que j'ai eus à ma disposition, est de nature à augmenter ce sentiment de regret.

Le fait principal est que chaque petit fragment isolé de l'uretère peut accomplir des contractions périodiques spontanées. J'en ai fait l'expérience sur des fragments longs de 1 — 2 centimètres, coupés dans le tiers supérieur, moyen ou inférieur de la longueur de l'uretère. Les intervalles auxquels les contractions se succédaient étaient, en général, courts (un petit nombre de secondes) pendant les premiers instants, mais leur durée augmentait peu à peu. Une circonstance digne de remarque, c'est que des contractions périodiques se produisent dans les fragments coupés, même quand l'uretère encore intact n'exécutait plus de mouvements dans les dernières minutes avant la section. J'observai ce phénomène pour la première fois sur l'uretère gauche d'un des rats. L'animal avait été narcotisé par le chloroforme, malheureusement un peu trop fortement, car, à peine eut-il été lié sur la planche, que les mouvements respiratoires s'arrêtèrent, sans qu'il fût possible de les ranimer par des moyens artificiels. Le ventre fut ouvert. Le cœur ne battait plus que 60 fois environ par minute. L'uretère gauche se contracta une seule fois,

après une longue pause; la contraction marcha, sous forme d'onde, jusqu'à la vessie. Ensuite, tout demeura en repos. Mais une irritation mécanique faible, par exemple, le toucher avec une aiguille, provoquait immédiatement un mouvement péristaltique et antipéristaltique. L'uretère gauche fut alors coupé, au moyen de ciseaux, à 2 centimètres au-dessous du rein. A la suite de cette opération, la partie inférieure de l'uretère manifesta des contractions périodiques, qui se suivaient à des intervalles de 10 à 15 secondes et qui paraissaient marcher du haut vers le bas. Au bout d'une minute, l'uretère fut coupé en un second point, un centimètre plus près de la vessie, et le fragment ainsi isolé et long de 1 centimètre fut enlevé et posé en travers sur le muscle psoas du côté droit. Il se contracta encore environ dix fois. La durée des périodes avait même diminué, car elle ne s'éleva qu'à 5 — 10 secondes pour les premières contractions, à un temps plus long pour les suivantes; l'avant-dernière contraction se fit attendre pendant près d'une demi-minute, la dernière pendant une minute et demie. Après que ces mouvements spontanés eurent cessé, l'uretère resta encore longtemps sensible aux irritations mécaniques. — Chez un autre rat, les mouvements périodiques du fragment coupé (lequel avait été pris sur la partie moyenne et inférieure de l'uretère) ne commencèrent que plusieurs minutes après l'excision. La durée des périodes, qui furent au nombre de 5, était assez longue dans ce cas, et, dès l'origine, passablement irrégulière. Les ondes de contraction se mouvaient très distinctement en direction péristaltique.

Chez le lapin, après que l'uretère a été coupé, ce n'est ordinairement que la partie restée attachée au rein qui continue à montrer des mouvements périodiques. J'ai pourtant réussi à me convaincre aussi de l'existence de ces mouvements dans un fragment complétement détaché et long seulement de 1,5 centimètres (coupé à 3 et 4,5 cent. au-dessous du rein). La première contraction suivit immédiatement la section, la deuxième arriva 20 secondes plus tard, et la troisième 70 secondes après la deuxième.

Il y a un moyen, toutefois, d'exciter des contractions périodi-

ques en un point quelconque d'un uretère privé de toute liaison avec le rein et avec la vessie. Ce moyen, c'est le courant électrique constant. Si l'on fait passer, à l'aide d'électrodes non polarisables [1]), un courant constant dans la longueur de l'uretère, celui-ci commence, près de l'électrode négative, à se contracter et se relâcher périodiquement. Chaque contraction parcourt, sous forme d'onde et à partir du pôle négatif, le bout extrapolaire de l'uretère, en même temps qu'elle s'avance jusqu'à une certaine distance de l'autre côté, dans la région intrapolaire. Souvent les pulsations se succèdent à des intervalles réguliers et courts, de 8 à 12 secondes seulement. Je me propose de donner une description détaillée de ce phénomène et des conditions qui président à sa manifestation, dans un article suivant, qui sera spécialement consacré à l'irritation électrique de l'uretère.

Après ce qui précède, je crois qu'il ne peut rester de doute au sujet de l'endroit d'où part, à l'état normal, l'irritation périodique des fibres musculaires. Nous voyons que, sous certaines conditions, des mouvements périodiques spontanés peuvent être observés sur chaque petit fragment isolé de l'uretère. L'étude anatomique a appris que ces fragments, lorsqu'ils ne proviennent pas de la partie inférieure de l'uretère, ne contiennent pas de cellules ganglionnaires. Nombre d'expériences ont prouvé, de la manière la moins équivoque, que les nerfs moteurs ne jouent aucun rôle dans les mouvements de pareils fragments, par la raison bien simple que ces nerfs n'existent pas. Ces trois faits, combinés, conduisent à la conclusion que dans la substance musculaire même de l'uretère se trouvent réunies toutes les conditions pour la manifestation d'une activité périodique, en d'autres termes, *que la matière contractile est irritable automatiquement.* Ni cellules ganglionnaires, ni fibres nerveuses ne sont nécessaires pour la production des mouvements spontanés de l'uretère. Il est vrai que cela ne s'applique, en toute rigueur,

---

[1]) Je me suis servi d'une modification des électrodes de du Bois-Reymond, due à M. le professeur Donders.

qu'aux mouvements des parties supérieure et moyenne de l'uretère. Dans la partie inférieure il existe des cellules ganglionnaires, et au voisinage du bassinet ces cellules ne manquent pas tout à fait, au moins dans certains cas. Pourtant, je ne crois pas commettre d'imprudence en jugeant que le fait acquis de l'irritabilité automatique d'une grande partie de la substance musculaire de l'uretère, nous autorise à chercher également dans une irritation automatique de la matière contractile du bassinet la cause des mouvements périodiques normaux qui ont leur point de départ dans ce bassinet. En effet, toutes les autres propriétés physiologiques et la structure sont les mêmes dans le tissu musculaire de l'uretère et dans celui du bassinet. Celui-ci n'est qu'une continuation, une partie, en quelque sorte, de celui-là. Nous n'avons donc aucun motif de refuser l'irritabilité automatique à la matière contractile du bassinet. Mais, si cette matière peut entrer en contraction périodique d'une manière automatique, c'est-à-dire sans y être excitée par un stimulant venu du dehors, alors il n'y a pas de raison légitime pourquoi la même chose n'arriverait pas pendant la vie, c'est-à-dire dans des conditions aussi favorables que possible.

Il n'y a pas lieu d'être surpris de voir les fibres musculaires lisses prendre place parmi les éléments irritables automatiquement, depuis que nous connaissons un si grand nombre d'organismes élémentaires contractiles qui produisent en eux-mêmes l'impulsion au mouvement. Nous n'avons qu'à rappeler, par exemple, les cellules amiboïdes. Une analogie encore plus grande avec notre cas actuel est peut-être offerte par les cellules lisses, à contractions périodiques, qui, dans un stade très primitif, forment la paroi du cœur tubulaire de l'embryon des animaux vertébrés. Ici, on peut se convaincre aisément, surtout chez les embryons des poissons, qu'il n'y a d'abord ni ganglions ni nerfs dans le cœur. Et pourtant, ce cœur continue de battre, même après qu'il a été détaché au moyen du scalpel ou arraché à l'aide d'aiguilles. Il y a ensuite plusieurs phénomènes, observables chez les animaux adultes, qui rendent assez probable que l'irritabilité

automatique n'est pas un privilége des muscles lisses de l'uretère, mais appartient aussi à d'autres organes composés de fibres musculaires organiques. Au nombre de ces phénomènes, on peut citer les contractions périodiques que nous montrent les artères. Elles sont connues depuis longtemps dans l'oreille du lapin, et il n'y a aucune preuve qu'elles prennent ici naissance par l'intermédiaire de cellules ganglionnaires. Je les ai aussi observées sur les petites artères de la membrane natatoire des grenouilles, même après que la circulation avait déjà cessé. Lorsque j'irritais une pareille artère, en la pressant une seule fois avec la pointe d'une aiguille, ou en passant celle-ci à sa surface, elle se contractait assez rapidement sur une longueur d'environ 0,5 millimètre, se relâchait au bout de quelques secondes, puis continuait à se resserrer et à se dilater périodiquement. Les intervalles qui séparaient les contractions étaient à l'origine de 15 secondes environ; plus tard ils augmentaient, et à la fin ils s'élevaient approximativement à 1 minute. En moyenne, la contraction atteignait son maximum à peu près au bout d'une seconde. Le diamètre intérieur d'une des artères se trouvait alors réduit de 0,1 à 0,065 millimètre. Le relâchement s'opérait environ avec la même rapidité que la contraction. Dans un cas, ces contractions périodiques continuèrent encore pendant 20 minutes après l'irritation, et ne s'arrêtèrent même pas après que la jambe de la grenouille (qui avait été empoisonnée par le curare) eut été coupée, d'abord à l'articulation du genou, ensuite au-dessous de l'articulation du pied. Le concours de cellules ganglionnaires était donc ici pour le moins très improbable.

On pourrait se demander encore si les contractions périodiques qu'on observe dans les parois intestinales et dans la vessie, et même si les mouvements du cœur à l'état adulte ne prennent pas également naissance en vertu d'une irritation automatique des muscles. En tout cas, après ce que l'expérience nous a appris au sujet de l'uretère, nous avons bien le droit de révoquer en doute que les cellules ganglionnaires soient réellement les agents de toutes les actions qu'on leur a attribuées.

Notre opinion, que les pulsations normales de l'uretère sont excitées par l'irritation automatique des fibres musculaires, ne nous oblige nullement de refuser aux nerfs une influence directe sur ces mouvements. On peut très bien se figurer que les nerfs qui se ramifient et se terminent dans la couche musculaire soient capables de modifier directement l'irritabilité de la matière contractile. Quant à savoir si une pareille influence existe effectivement, et, en cas d'affirmative, de quelle nature elle peut être, c'est ce que des recherches ultérieures pourront seules décider. Il y aura aussi à résoudre la question pourquoi les mouvements normaux partent constamment de l'extrémité supérieure, près du rein, et jamais d'un autre point de l'uretère. Peut-être, pour l'explication de ce fait, suffit-il d'admettre que, par suite de conditions particulièrement favorables (de la circulation, par exemple) l'irritabilité de la substance musculaire du bassinet est, à l'état normal, plus vive et d'une restauration plus prompte que celle de la masse contractile de l'uretère. Mais la question essentielle, dont nous avons à attendre la solution de recherches ultérieures, est celle-ci: quelles sont les actions qui, dans la substance contractile, donnent lieu aux contractions périodiques? En d'autres termes: quelle est la cause prochaine de la contraction, de quelle nature est l'irritation automatique et comment prend-elle naissance? Je me contente, provisoirement, d'avoir montré que cette irritation se produit dans la masse contractile elle-même, par conséquent automatiquement, sans l'intervention de cellules ganglionnaires et de fibres nerveuses.

SUR LE

DÉVELOPPEMENT PÉRIODIQUE DE GAZ

DANS LE PROTOPLASMA DES ARCELLES VIVANTES.

PAR

Th. W. ENGELMANN.

Mon attention s'étant trouvée attirée sur la présence de bulles d'air dans le protoplasma de l'*Arcella vulgaris*, j'ai étudié de plus près plusieurs phénomènes qui me paraissent offrir de l'intérêt et mériter d'être signalés.

Si l'on porte une goutte d'eau, qui renferme des Arcelles vivantes, à la face inférieure du verre obturateur de la chambre à gaz, et qu'on l'observe immédiatement après au microscope, on trouve la plupart des Arcelles rassemblées à la partie inférieure de la goutte. A chaque animal on distingue la coquille bien connue, brune, concave-convexe, à stries réticulées, coquille dont la cavité est remplie en grande partie de protoplasma. Celui-ci fait, de plus, légérement saillie par l'ouverture circulaire qui existe au centre du côté concave du test. Il contient des granulations de diverses grosseurs, des matières nutritives, des vacuoles, une quantité d'espaces contractiles situés près de la périphérie du protoplasma inclus dans le test, enfin 6, 8 ou un plus grand nombre de noyaux clairs, pourvus chacun d'un nucléole rond et très grand. Les animalcules sont ou bien couchés sur le dos, ou bien placés de manière à tourner l'ouverture de leur coquille vers le bas. Dans ce dernier cas, les Arcelles peuvent s'attacher

par les expansions de leur protoplasma à la face inférieure de la goutte et parvenir ainsi à se déplacer peu à peu. Mais souvent, savoir, chaque fois qu'elles sont couchées sur le dos et tournent par conséquent l'ouverture de leur coquille en haut, on observe les phénomènes suivants.

Après un certain temps (2 minutes à un quart d'heure environ), pendant lequel l'animal est resté tranquille ou a fait de vains efforts pour atteindre un point fixe avec ses pseudopodia, on voit apparaître tout à coup, simultanément ou à peu d'intervalle l'un après l'autre, un certain nombre (ordinairement 2 à 5, parfois jusqu'à 14) de points foncés dans le protoplasma. Ces points sont presque toujours situés à une faible distance de la périphérie du protoplasma contenu dans la coquille, et souvent à des distances très irrégulières les uns des autres. Peu de minutes après, on remarque que les points obscurs grossissent et s'enflent jusqu'à devenir des bulles d'air bien distinctes, à contours noirs, généralement d'une forme irrégulièrement sphéroïdale (Voyez: Pl. VII, fig. 4 et 5). Bientôt le volume de ces bulles d'air s'est tellement accru, qu'elles occupent une portion considérable de la capacité intérieure de la coquille. En même temps, comme on le conçoit, une partie du protoplasma, renfermée habituellement dans le test, s'est vue repoussée à l'extérieur. Lorsque les bulles d'air sont en petit nombre, elles atteignent toutes une grandeur considérable (jusqu'à 0,06 mm. environ); lorsqu'elles sont nombreuses, les bulles individuelles restent plus petites (0,01 à 0,02 mm. environ). Elles demeurent constamment entourées de tous les côtés par le protoplasma. Quand les bulles ont atteint à peu près leur grandeur maximum, ce qui arrive ordinairement 5 à 20 minutes après leur apparition première, l'Arcelle se soulève tout à coup et monte verticalement au sein de la goutte d'eau, d'abord lentement, puis souvent avec une vitesse croissante, jusqu'à ce qu'elle soit parvenue à la surface supérieure de la goutte. Là, si l'ouverture de sa coquille est restée tournée en haut, elle réussit ordinairement à se fixer, puis à se mouvoir, au moyen de ses petites pattes protoplasmiques. Si cela ne réus-

sit pas, les bulles d'air ne tardent pas à devenir plus petites, au bout de 5 à 10 minutes elles sont habituellement réduites à des vésicules ayant à peine 0,002 mm. de diamètre, et alors elles disparaissent brusquement, souvent à de très courts intervalles l'une après l'autre. Quand au contraire l'Arcelle arrive à la fin de son ascension le côté dorsal tourné vers le haut, le volume des bulles d'air ne diminue pas aussi longtemps que l'animal n'est pas parvenu à se retourner et à se fixer au plan supérieur. Une fois que l'Arcelle a perdu son air et s'est fixée, si on la détache, en secouant la goutte ou en touchant l'animal légèrement avec la pointe d'une fine aiguille, elle tombe immédiatement au fond de la goutte. Après un certain intervalle, souvent de quelques minutes seulement, il se développe de nouveau des bulles d'air dans le protoplasma, lesquelles ramènent bientôt l'Arcelle à la face supérieure de la goutte. Si elle réussit à s'y fixer, l'expérience peut être recommencée aussitôt que les bulles d'air ont de nouveau disparu ou du moins sont devenues beaucoup plus petites.

Quand l'Arcelle est couchée sur le dos au fond de la goutte, il arrive quelquefois qu'il ne se développe que d'un seul côté une bulle ou un petit nombre de bulles. Au bout de quelque temps, l'animal commence alors à se dresser de ce côté et se place sur son bord tranchant. Dans cette position, il réussit ordinairement à atteindre avec ses expansions un point fixe à la surface inférieure de la goutte, ce qui lui permet d'achever son renversement, de manière à ce que le côté ventral soit tourné en bas. Dès que cela a eu lieu, les bulles d'air deviennent plus petites, et dans les minutes suivantes elles finissent en général par disparaître complétement.

Un phénomène analogue s'observe quelquefois chez les Arcelles qui, le dos tourné en haut, flottent au moyen de leurs bulles d'air à la face supérieure de la goutte. Après qu'elles se sont épuisées pendant quelque temps en tentatives inutiles pour s'attacher quelque part avec leurs expansions, les bulles d'air diminuent de volume à l'un des côtés. Par suite, ce côté s'abaisse, l'Arcelle

prend une position d'abord inclinée puis verticale, et finalement elle se renverse entièrement aussitôt qu'une de ses expansions a trouvé un point fixe. Alors les bulles d'air disparaissent rapidement.

En général, les bulles d'air ne prennent naissance et ne s'accroissent que lorsqne l'Arcelle ne peut pas s'attacher et se déplacer à l'aide de ses pseudopodia. Du moment que les prolongements protoplasmiques ont rencontré un point fixe, les bulles d'air deviennent ordinairement plus petites. Il suffit de tenir compte de cette circonstance, pour être en état de prédire, avec une certitude presque absolue, si une Arcelle dégagera de l'air ou non, et, en cas que des bulles existent déjà, si celles-ci suivront une voie d'accroissement ou de décroissement. En donnant artificiellement des positions différentes aux animaux (par exemple, à l'aide d'une aiguille, sous le microscope simple), on peut à volonté faire naître ou disparaître les bulles, les faire grossir ou diminuer.

Avec des exemplaires frais ces expériences réussissent toujours. Mais lorsque les animaux ont déjà servi quelque temps à l'expérimentation, lorsqu'ils ont produit et absorbé des bulles d'air plusieurs fois de suite, leur pouvoir de développer du gaz s'affaiblit visiblement. Met-on par exemple, dans ces conditions, une Arcelle sur le dos au fond de la goutte, il se forme bien encore des bulles d'air, mais elles apparaissent plus tard et sont moins nombreuses que dans les premières expériences, elles croissent lentement et ne deviennent pas assez grosses pour que l'animal puisse s'élever dans l'eau. Habituellement, les bulles conservent alors, pendant un quart d'heure et plus, une certaine grandeur, augmentant et diminuant un peu périodiquement, puis elles disparaissent lentement, pour ne plus se reproduire. Lorsqu'une Arcelle, à l'aide de ses bulles d'air, a flotté très longtemps à la face supérieure de la goutte, sans que ses expansions aient pu saisir un point fixe, il n'est pas rare que les bulles d'air se contractent peu à peu et que l'animal finisse par retomber au fond. Les Arcelles *se fatiguent* donc par le développement gazeux longtemps continué. Souvent, cette fatigue ne se manifeste que

par l'affaiblissement du pouvoir d'émettre du gaz; les mouvements des expansions protoplasmiques et ceux des espaces contractiles peuvent être et rester longtemps aussi actifs qu'au commencement. Mais, dans d'autres cas, les mouvements du protoplasma perdent aussi de leur rapidité, les protubérances se retirent, deviennent courtes et larges, et font à peine encore saillie au-delà du bord de l'ouverture circulaire qui occupe le centre de la coquille. Si alors on laisse les animaux se reposer pendant quelque temps (pendant $\frac{1}{2}$ heure, ou davantage), les mouvements recommencent, et le pouvoir de développer de l'air est aussi restauré plus ou moins complétement.

Les bulles d'air paraissent pouvoir prendre naissance sur tous les points du protoplasma à l'intérieur du test. Mais jamais on ne les trouve dans le protoplasma dépourvu de granulations des pseudopodia. Lorsque, après une disparition, elles se forment de nouveau, c'est en des points tout différents de ceux qu'elles occupaient d'abord; et même pendant la durée de leur existence, elles changent continuellement de position, quoique avec beaucoup de lenteur. Il a été impossible de découvrir quelque relation entre la position des bulles d'air et celle des vacuoles contractiles ou des noyaux.

Le protoplasma qui entoure les bulles d'air ne diffère pas d'une manière sensible, sous le rapport optique, de celui qui remplit le reste de la cavité. Ni lors de l'apparition, ni lors de l'évanouissement des bulles d'air, on n'y observe de changements, sauf, bien entendu, les petits déplacements inséparables des modifications de forme et de volume des bulles d'air.

Il est digne de remarque que la forme des bulles d'air n'est presque jamais parfaitement sphéroïdale, mais ordinairement irrégulière, par exemple, ellipsoïdale, pyriforme, ou même polyédrique. La forme est, en même temps, très variable. En général, c'est au moment de leur naissance et aussi longtemps qu'elles continuent de croître, que les bulles d'air ont, relativement, la forme la plus régulière: elles sont alors à peu près sphéroïdales ou, si leur volume est très grand, réniformes, par suite de leur

accommodation à la forme de la coquille. Lors de l'absorption, au contraire, presque à chaque instant la forme se modifie un peu, et elle reste passablement irrégulière jusqu'à la disparition complète. Au lieu d'être biconvexes, comme pendant la dilatation, les bulles gazeuses deviennent, par exemple, biconcaves, etc. On peut conclure de ces faits, ce que d'ailleurs le mouvement des granulations du protoplasma dévoile également, que l'état d'agrégation du protoplasma qui entoure les bulles d'air des Arcelles vivantes n'est pas celui d'un liquide. Il est évident en effet, d'après les changements de forme des bulles gazeuses, que la pression exercée par le protoplasma est très différente sur des parties différentes de la surface des bulles, et qu'elle est soumise en chaque point à des variations continuelles.

Les modifications que subit le volume des bulles gazeuses ont ordinairement lieu en même temps et au même degré dans toutes les bulles de la même Arcelle. Pourtant, il se présente des exceptions assez nombreuses. Souvent certaines bulles croissent ou diminuent plus vite que les autres. Il peut même arriver qu'une bulle devienne plus petite, tandis qu'une autre gagne en volume. Toutes ces modifications ont, en général, une utilité évidente. La production et la croissance des bulles gazeuses servent à amener l'animal dans une position telle qu'il puisse se fixer à l'aide de ses expansions. Quand ce but est atteint, l'air disparaît, sans qu'il soit possible de découvrir une autre raison pour cette disparition. On ne saurait nier que ces faits semblent indiquer des actes psychiques dans le protoplasma.

Les Arcelles possèdent dans le pouvoir de changer à volonté leur poids spécifique un excellent moyen pour s'élever à la surface de l'eau ou se laisser redescendre au fond. Elles font usage de ce moyen non-seulement dans les conditions anormales où elles sont placées pendant l'étude microscopique, mais aussi dans les circonstances ordinaires de leur vie. Cela résulte de ce que, à la surface de l'eau dans laquelle elles vivent, on trouve toujours des individus qui contiennent des bulles d'air. Il suffit d'être armé d'une simple loupe pour les y voir flotter sous forme

de petits disques bruns, dans lesquels on remarque un ou plusieurs points qui réfléchissent fortement la lumière.

Relativement à la composition chimique du gaz développé par les Arcelles, je n'ose hasarder aucune conjecture, pas plus qu'à l'égard du mécanisme de la production et de la disparition des bulles. Seulement, comme fait pouvant peut-être se rattacher au phénomène qui vient d'être décrit, je rappellerai le dégagement de gaz qui a été observé par MM. Heynsius et Preyer dans la coagulation de la fibrine.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Planche VII.)

Fig. 4. Arcelle avec bulles d'air, vue de la face inférieure.

Fig. 5. Coupe optique verticale à travers une Arcelle. *l* bulle d'air; *n* noyau; *v* vacuole contractile; *p* expansion du protoplasma; *s* coquille. (*Grossissement* 200 *fois*).

SUR L'IRRITATION ÉLECTRIQUE DES AMIBES ET DES ARCELLES,

PAR

Th. W. ENGELMANN.

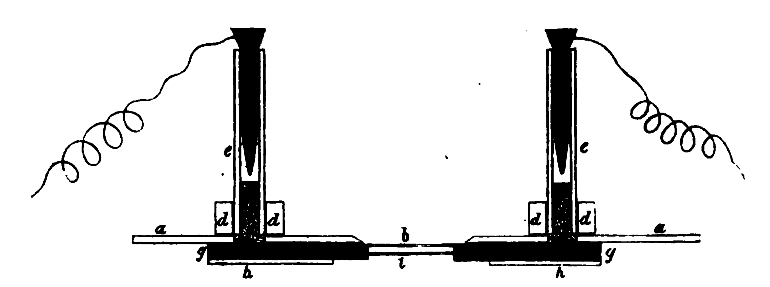
Quelques expériences que j'ai entreprises relativement à l'influence des décharges d'induction sur les Amibes et les Arcelles, ont mis au jour plusieurs faits qui ne paraissent pas dépourvus d'intérêt pour la théorie des mouvements protoplasmatiques, et, en particulier, pour l'explication des mouvements qui prennent naissance par suite d'une irritation électrique.

Les expériences ont eu lieu, en général, dans la chambre à gaz humide et avec des électrodes non polarisables. La disposition expérimentale était essentiellement la même que celle que j'ai décrite dans une occasion précédente [1]). Seulement, j'y ai introduit récemment quelques modifications qui rendent l'exécution des expériences plus facile sous beaucoup de rapports. Au lieu des électrodes de M. du Bois, dont les pointes en argile se plaçaient sur les deux ouvertures latérales du couvercle en verre, j'emploie maintenant de petites électrodes non polarisables, qui peuvent être fixées sur le couvercle lui-même, de manière à en partager tous les mouvements. On évite ainsi l'inconvénient primitif, savoir, qu'à chaque déplacement de la préparation microscopique les électrodes glissent sur les ouvertures du couvercle en verre. En outre, les canaux qui s'étendent à la face inférieure du couvercle, depuis les ouvertures latérales jusqu'aux deux bords opposés de la lame porte-objet, ne sont plus remplis d'argile, mais de bandelettes de papier brouillard. De cette manière, la préparation ne court plus le risque d'être souillée par de l'argile.

---

[1]) *Archief voor Natuur- en Geneesk.*, T. IV, p. 60.

La figure ci-jointe servira à faire comprendre la nouvelle disposition. Elle représente, en grandeur naturelle, une coupe longitudinale verticale, par le milieu du couvercle en verre pour



l'irritation électrique. La chambre à gaz, sur laquelle le couvercle repose, a été omise dans la figure: *a d* est le couvercle de verre, *b* la lame de verre qui porte l'objet à sa face inférieure, *c c* les ouvertures latérales du couvercle, *d* un anneau de verre fixé sur la face extérieure du couvercle avec de la colle au caoutchouc, ayant 2,5 millimètres d'épaisseur de parois, 4,5 mm. de hauteur et 5 mm. d'ouverture; *e e* sont les deux tubes adducteurs. Chacun de ceux-ci consiste en un petit tube de verre, long de 25 mm., épais de 1 mm. et ayant environ 2,5 mm. de diamètre intérieur, lequel s'adapte dans l'ouverture de l'anneau de verre *d* et peut, à volonté, y être introduit ou en être retiré. Le quart inférieur de ce tube est rempli d'argile imbibée d'une dissolution de sel marin. Quant à l'espace qui reste au-dessus de la couche d'argile, on le remplit à moitié, — à l'aide d'un tube étroit en verre, — d'une dissolution concentrée de sulfate de zinc, après quoi on ferme le haut du tube adducteur avec une tige en zinc *f*, recouverte de vernis dans sa moitié supérieure, amalgamée inférieurement, et ayant la forme indiquée par la figure. A chacun des bouchons de zinc est soudé supérieurement un fil de cuivre mince, couvert d'une bonne couche de vernis; *g g* sont les bandelettes étroites de papier brouillard, qui constituent le circuit depuis les ouvertures du couvercle en verre jusqu'à l'objet microscopique. Chaque bandelette repose dans une gouttière en verre *h* [1]) collée à la face inférieure

[1]) J'obtiens ces gouttières en fendant longitudinalement en deux moitiés un

du couvercle; *i* est une seconde lame de verre, retenue par les bandelettes de papier. Entre *b* et *i* se trouve la goutte de liquide avec la préparation [1]).

Veut-on maintenant exécuter l'expérience, voici comment il faut s'y prendre. On commence par fermer, avec un bon tampon d'argile ou de papier, les ouvertures *c* du couvercle et les deux petits cylindres de verre *d* (d'où l'on a enlevé les tubes adducteurs *e*). Ensuite, on retourne le couvercle, et on imbibe les bandes de papier, jusqu'à ce qu'elles refusent d'en absorber davantage, d'eau ou d'une dissolution de sel marin, suivant que

---

petit tube de verre d'environ 5 mm. d'ouverture et de 0,5 mm. d'épaisseur de parois. Chacune des moitiés est alors collée sur le couvercle par sa face plane coupée.

[1]) La résistance dans cet appareil est naturellement assez grande, surtout quand on doit humecter les bandes de papier avec de l'eau pure, comme c'est le cas dans les expériences dont il va être parlé. Pour la plupart des recherches, toutefois, il suffit d'un seul élément de Grove ou d'un petit nombre d'éléments. Par exemple, des fibres musculaires de grenouille, fraîchement préparées, placées dans une dissolution de sel marin de 0,7 % entre les bandes de papier, se contractent déjà avec une distance de bobine de 200 à 250 mm., quand l'appareil à traîneau est mis en communication avec 2 éléments de Grove disposés à la suite l'un de l'autre. Ces fibres se contractent fortement aussi sous l'influence d'un seul élément de Grove, au moment où le courant s'établit ou s'interrompt. On voit alors, — ce que je ne puis indiquer ici qu'en passant, — lorsque le courant traverse les fibres transversalement et que l'irritabilité est un peu diminuée, se produire un phénomène très remarquable; au moment du passage, *chaque* fibre musculaire isolée ne se contracte, immédiatement au-dessous du sarcolemme, *que d'un seul côté* (le côté positif); au moment de la rupture, chaque fibre ne se contracte que *de l'autre côté* (le côté négatif); et, par suite de ces contractions partielles, chaque fibre se courbe alternativement d'un côté et de l'autre. On a là, pour ainsi dire, la forme élémentaire de l'expérience que j'ai décrite ailleurs (*Archief voor Natuur- en Geneesk.*, T. III, p. 445). Seulement, le rôle des pôles est opposé à ce qu'il est à l'état tout à fait frais. Dans l'état dont il vient d'être question, la partie axiale de la fibre musculaire se meut d'une manière purement passive. Souvent elle est déjà distinctement fibrillaire, et alors les fibrilles du côté où l'irritation se manifeste passent, au moment de la contraction, de la forme droite ou légèrement onduleuse, à la forme en zigzag très prononcée. En même temps, et proportionnellement, les fibrilles de l'autre côté s'étendent davantage et se rapprochent de la ligne droite. J'espère pouvoir donner plus tard des détails plus circonstanciés sur ces phénomènes et sur d'autres qui sont en rapport avec eux.

l'exige la nature de l'objet qu'on veut soumettre à l'irritation. Après cela, on porte la goutte de liquide entre les bandes de papier, on y introduit la préparation, et, si on le juge utile, on la recouvre de la lame de verre *i*. Le couvercle est alors remis dans sa position normale et placé sur la chambre à gaz, et les deux tubes adducteurs *e e*, préalablement remplis, sont disposés dans les viroles de verre *d d;* on les y enfonce assez profondément pour que la communication se trouve bien établie. Tout est alors prêt pour l'expérience. Lorsqu'on veut faire une nouvelle préparation, on n'a qu'à retirer les tubes *e e*, à retourner le couvercle et à enlever la lame de verre *i*. Le nouvel objet étant introduit dans la goutte, on réapplique la lame *i*, on retourne le couvercle, on met les tubes *e e* en place, et on amène l'objet dans le champ du microscope.

A. *Expériences sur l'Amoeba diffluens.*

Cet organisme habite nos eaux douces, où on le trouve principalement sous deux états différents. Dans l'un, le corps est plus ou moins arrondi, en même temps qu'aplati, et pourvu de quelques prolongements courts, larges ou aigus; le protoplasma est très inerte, il ne subit que de lentes modifications de forme et des déplacements presque insensibles. Dans le second état, le corps est allongé en forme de massue aplatie, l'extrémité antérieure étant la plus épaisse; le protoplasma se meut avec une vitesse et une uniformité assez grandes, constamment dans la même direction, savoir, en avant. Par suite de ce mouvement, l'Amibe, sans changer d'une manière appréciable sa forme, s'avance en ligne droite avec une vitesse assez grande (0,01 — 0,02 mm. par seconde). Le noyau et la vacuole contractile qui se trouve derrière lui restent toujours situés dans le tiers postérieur, un peu ridé, du corps. Maintenant, selon que l'Amibe est dans l'état inerte ou dans l'état d'activité, le résultat de l'irritation électrique est différent, comme M. Kühne l'avait déjà constaté. Je décrirai, en premier lieu, les phénomènes auxquels l'irritation électrique donne lieu chez les Amibes mobiles, claviformes. Le moyen d'irritation employé a toujours consisté en une seule ***décharge d'induction obtenue à l'ouverture du courant***. La

nature des phénomènes d'irritation produits par une oscillation de courant d'une amplitude déterminée a été, sous tous les rapports essentiels, la même chez tous les individus examinés qui se trouvaient à l'état mobile; la durée et la grandeur des divers changements partiels ont seules présenté quelques variations. En général, voici quelle a été la marche des phénomènes:

1. *En cas d'irritation très faible* (dans la plupart des expériences environ 30 — 50 mm. de distance de bobine, avec un courant primaire de deux éléments de Grove associés en tension). Après un court stade *d'action latente*, qui peut durer quelques secondes quand l'irritation est extrêmement faible, mais qui peut aussi manquer tout à fait lorsque l'irritation est un peu plus forte, le mouvement des granulations du protoplasma se ralentit ou s'arrête brusquement, sans qu'il se manifeste simultanément un changement appréciable dans la forme ou dans le volume du corps. Le ralentissement ou l'arrêt du mouvement intestin s'accompagne de celui du déplacement progressif rectiligne. Une ou quelques secondes plus tard, le déplacement et le mouvement circulatoire des granulations redeviennent plus actifs ou commencent à nouveau, toujours sans altération de la forme de l'Amibe. Au bout de 5 secondes au plus, on voit l'animal se mouvoir avec la même vitesse et dans la même direction qu'avant l'irritation.

2. *En cas d'irritation modérée* (dans la plupart des expériences environ 20 — 30 mm. de distance de bobine, avec 2 éléments de Grove). Après un stade d'action latente à peine saisissable, ou, plus souvent encore, au moment apparent de l'irritation, le mouvement de l'Amibe et celui de ses granulations cessent subitement, sans que la forme de l'animal subisse aucune modification. Mais, immédiatement après, ou parfois, quand l'irritation est relativement le plus faible, seulement après 3 secondes, commence le changement de forme, qui consiste en un raccourcissement successif et une dilatation correspondante de tout l'animal, en un rapprochement de la forme sphérique. Dans cette phase d'action, la partie antérieure de l'Amibe reste, par adhésion au sol, immobile, et attire à elle la moitié postérieure du corps, laquelle flotte librement dans l'eau. Pendant

le raccourcissement, les granulations du protoplasma n'exécutent d'autres mouvements que ceux qui résultent nécessairement du changement de forme du corps; dès que la forme cesse de varier, les granulations demeurent immobiles. Plus l'irritation a été forte, plus est rapide et parfait le passage à la forme sphérique. La durée du raccourcissement, depuis le commencement jusqu'au maximum, peut atteindre deux secondes (pour l'irritation relativement la plus faible). L'Amibe reste pendant quelque temps au maximum de raccourcissement, si l'irritation a été suffisamment forte. Si elle a été plus faible, des changements ultérieurs de forme se produisent immédiatement. On voit alors, pendant que l'Amibe s'étend de nouveau un peu dans la direction primitive, apparaître subitement, dans la motié antérieure [1]), des expansions latérales, d'une transparence hyaline. Ordinairement elles naissent d'une manière soudaine, simultanément ou à des intervalles très rapprochés, sur des points divers. Au moment de leur apparition, leur forme est exactement celle de segments sphériques. Le protoplasma granuleux établit de suite un courant dans ces expansions. Souvent, ce mouvement entraîne les granulations jusqu'à la surface des expansions hyalines. Une de ces dernières grandit, se développe de plus en plus, et finit par absorber la masse entière du protoplasma, avec le noyau et la vacuole, qui restent dans la partie postérieure. L'Amibe possède alors de nouveau la forme primitive, allongée, en massue aplatie, et elle s'avance en rampant avec une vitesse constante et notable. La direction seule du mouvement est changée, et souvent même ce changement est tout juste de 90°. La durée de l'action totale, depuis l'instant de l'irritation jusqu'au rétablissement de la forme et du mouvement primitifs, ne s'élève souvent qu'à 10 secondes pour une irritation relativement faible, mais elle peut aussi se prolonger jusqu'à 45 secondes quand l'irritation a eu une intensité plus grande.

3. *En cas d'irritation forte.* Ici, c'est en apparence au moment même de l'irritation que commencent le raccourcissement et la dila-

---

[1]) Les extrémités antérieure et postérieure sont distinguées ici d'après le sens dans lequel s'opérait le déplacement avant l'irritation.

tation, qui conduisent, en deux secondes tout au plus, à une forme sphérique plus ou moins parfaite. Après que l'Amibe est demeurée pendant $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ minutes environ, et souvent encore plus longtemps en cas d'irritation très forte, au maximum de raccourcissement, on voit se développer successivement des expansions latérales, dans lesquelles pénètre le courant des granulations. Une de ces expansions prend un accroissement plus rapide que les autres et, finalement, absorbe tout le protoplasma. Après 1 — 2 minutes, l'animal peut avoir regagné sa forme première et la vitesse normale de son mouvement.

Lorsque l'Amibe, avant l'irritatation, ne se trouve pas dans l'état d'activité, mais dans l'état d'inertie, où elle est plus large et même dilatée en disque ou en boule, l'action de la décharge d'induction est différente. Le premier effet consiste encore, il est vrai, en un arrêt du mouvement des granulations, lequel est suivi aussitôt d'un rapprochement très passager et plus ou moins parfait de la forme sphérique. Mais ensuite, l'Amibe, au lieu de retomber dans son état d'inertie primitif, passe immédiatement à la forme mobile: elle s'allonge, prend une configuration en massue aplatie, et se meut alors rapidement en avant, suivant une direction rectiligne, sans éprouver de changement ultérieur dans sa forme. On dirait que l'irritation unique qui a été appliquée a communiqué à la masse, d'une manière durable, une fluidité plus grande. Dans ce nouvel état, la répétition de l'irritation donne lieu aux mêmes phénomènes qui ont été décrits ci-dessus, et qui apparaissent lorsque l'Amibe se trouve dès l'origine dans l'état mobile.

Quand une fois l'Amibe est passée de l'état inerte à l'état mobile, elle y reste souvent pendant longtemps. Mais il n'est pas rare non plus d'observer chez elle, au bout de quelques minutes, une tendance à retourner à l'état d'inertie. Elle devient plus large, des expansions latérales se montrent, le mouvement ne se dirige plus directement en avant, mais tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, il se ralentit peu à peu, et enfin on ne voit plus se produire que quelques changements lents dans la forme. Une nouvelle irritation par une forte décharge d'induction a alors pour ré-

sultat de ramener l'Amibe encore une fois à l'état mobile.

B. *Expériences sur l'Arcella vulgaris.*

L'observation des bulles d'air de l'Arcelle fournissait un nouveau moyen d'étudier les forces qui agissent dans le protoplasma. J'étais très désireux de voir comment les bulles d'air seraient influencées par l'irritation électrique. Il n'était pas impossible qu'on obtînt de cette manière des données spéciales au sujet des phénomènes qui se passent dans le protoplasma après l'irritation électrique. En premier lieu, je voulus décider si, par suite de l'irritation, la forme des bulles d'air éprouvait quelque changement. Je choisis à cet effet des Arcelles qui contenaient quelques bulles d'air, et qui, l'ouverture de la coquille tournée en bas, flottaient librement à la partie supérieure de la goutte. Dans ces conditions, comme nous l'avons vu dans la Note précédente, les bulles d'air persistent ordinairement très longtemps, sans que leur volume change. Leur forme seule subit des variations continuelles. Presque toujours, néanmoins, elles se présentent dans la section optique avec des contours irrégulièrement sphériques, par exemple, sous la forme de quadrilatères ou de pentagones sphériques, qui s'éloignent beaucoup de la forme circulaire. Le protoplasma, — surtout la partie qui se trouve en dehors de la coquille, — est en même temps très mobile: les pseudo-pattes se montrent au bord de la coquille brune, comme des protubérances changeant sans cesse de forme et de place. Si l'on fait passer maintenant á travers l'Arcelle la décharge d'induction qui correspond à la rupture du courant, les bulles d'air deviennent parfaitement *sphériques*, soit immédiatement (en cas d'irritation forte), soit après une période latente de quelques secondes au plus (en cas d'irritation plus faible). Si les bulles étaient très grandes et, par suite de l'accommodation à la forme de la cavité du test, plus ou moins réniformes, on remarque au moins qu'elles s'arrondissent subitement, et aussi qu'elles éprouvent un léger raccourcissement et élargissement, ce qui les rapproche de la forme sphérique. En même temps, les protubérances se rétractent, deviennent plus courtes et plus épaisses, et peuvent disparaître entièrement dans l'ouverture centrale de la coquille; à l'intérieur de

celle-ci, le protoplasma prend des contours plus arrondis, et souvent il se retire un peu de la périphérie de la cavité. Il arrive pourtant aussi, quand l'irritation est plus faible, qu'on ne puisse saisir aucune trace de changement de forme dans le protoplasma situé à l'intérieur de la coquille, bien que les bulles d'air soient devenues sphériques. Après que l'Arcelle est restée en repos pendant une ou plusieurs secondes, les mouvements du protoplasma recommencent, aussi bien en dedans qu'au dehors du test. Les pseudo-pattes s'étendent de nouveau et la forme des bulles d'air redevient irrégulière Dans les minutes suivantes, on remarque que les bulles d'air décroissent, et bientôt le fait est aussi mis en évidence par le mouvement de descente qu'opère l'Arcelle. Parfois (surtout en cas d'irritation relativement faible) les bulles d'air recommencent déjà à grossir pendant la chute même, et l'Arcelle remonte avant d'avoir touché le fond. Mais, si l'irritation a été intense, les bulles d'air disparaissent ordinairement tout à fait durant la première ou les deux premières minutes suivantes. Ce n'est alors qu'après un repos assez prolongé que de nouvelles bulles d'air se développent, et même, en général, seulement lorsque l'animal ne parvient pas à se fixer à l'aide de ses fausses pattes.

Si l'on irrite des Arcelles qui renferment un nombre de bulles un peu considérable, on observe parfois, au moins avec une grande distance de bobine, que toutes les bulles ne deviennent pas sphériques, mais seulement quelques-unes. Alors aussi, il arrive souvent qu'il n'y ait que quelques-unes des expansions qui se rétractent, et même, seulement pour peu de temps. Chez les Arcelles qui ont déjà subi des irritations répétées, il faut, en général, des décharges de plus en plus fortes pour rendre les bulles d'air sphériques. Quand l'irritation est modérée, elles restent alors de forme irrégulière, tandis que les pseudopodia se retirent rapidement.

Ces faits montrent clairement que l'irritabilité du protoplasma peut être différente en des points différents, et qu'elle s'affaiblit par suite d'irritations électriques répétées.

Il était intéressant d'examiner si, au moment de l'irritation,

il se produit un *changement du volume* des bulles d'air. Pour trancher cette question, j'ai fait deux séries d'expériences. Dans l'une, j'ai irrité des Arcelles qui renfermaient une ou plusieurs bulles aussi approchées que possible de la forme sphérique. Il n'est pas rare en effet, de trouver, dans des Arcelles fraîches et très irritables, une ou quelques bulles gazeuses qui présentent temporairement cette forme, avant toute irritation. Or si, à un moment où la forme sphérique est atteinte, on fait passer à travers la goutte une forte décharge d'induction, on trouve qu'au commencement le diamètre de la bulle ne change pas d'une manière appréciable, bien que le protoplasma s'agite énergiquement et que les autres bulles prennent à leur tour la forme sphérique. Ce n'est qu'au bout d'un certain temps ($\frac{1}{4}$ de minute et davantage) qu'on observe une diminution de volume, laquelle fait lentement des progrès.

Les expériences de la seconde série consistaient à irriter l'Arcelle à l'instant où les bulles d'air avaient atteint précisément la grandeur nécessaire pour que l'animal commençât à s'élever dans le liquide. Si alors le volume des bulles éprouvait, par exemple, une diminution subite, l'animal devrait immédiatement redescendre ou du moins cesser de monter. Quand on veut faire l'expérience, il faut veiller à ce que l'Arcelle, — qui doit naturellement être couchée sur le dos, — n'adhère pas à la face inférieure de la goutte. Car, s'il en était ainsi, l'animal ne s'élèverait pas au moment précis où son poids spécifique devient un peu plus petit que celui de l'eau. La diminution de poids spécifique devrait atteindre d'abord une valeur notable, avant que l'adhérence de la coquille au fond de la goutte pût être vaincue, et, immédiatement après, l'Arcelle commencerait à monter avec une vitesse passablement grande. Alors aussi, une diminution brusque du volume des bulles d'air, par suite d'une irritation, n'aurait pas pour effet l'arrêt instantané du mouvement ascensionnel, et encore beaucoup moins la descente immédiate de l'Arcelle. Pour ce motif, avant de provoquer l'irritation, on doit s'assurer, à l'aide de légères secousses imprimées à la préparation, si la coquille adhère au fond de la goutte ou si elle peut s'y mouvoir librement.

Dans ce dernier cas, on attend, tout en continuant de secouer doucement de temps en temps, que l'Arcelle commence à monter, ce qui alors se fait avec beaucoup de lenteur. Si on irrite à ce moment, l'animal ne tombe pas, mais continue encore pendant quelques instants à s'élever, tandis que les bulles d'air deviennent sphériques et que les expansions se raccourcissent et s'élargissent. Quand l'irritation est faible, il arrive parfois que l'Arcelle atteigne encore la face supérieure de la goutte. En cas d'irritation forte, elle s'arrête ordinairement en chemin, et se met alors immédiatement à descendre. Dans le temps qui suit, le volume éprouve encore une diminution continuelle et considérable.

Ces expériences, prises dans leur ensemble, rendent très probable que dans la contraction, suite de l'irritation électrique, le protoplasma n'exerce pas une forte pression sur les bulles d'air. Mais un effet positif, c'est que la pression devient égale sur tous les points de la surface d'une même bulle.

Il est facile de voir que les phénomènes de mouvement, que nous avons vus se manifester chez l'Amibe et chez l'Arcelle sous l'influence de l'irritation électrique, peuvent s'expliquer en admettant que, par suite de cette irritation, le protoplasma prend temporairement les propriétés mécaniques d'un liquide [1]). Figurons-nous qu'une Amibe, qui vient de subir la décharge d'induction correspondante à la rupture du courant, soit devenue subitement liquide: alors, au premier instant, le mouvement progressif et le courant des granulations devront s'arrêter, mais, immédiatement après, — si la cohésion du milieu ambiant n'est pas trop grande, — le protoplasma commencera à se rapprocher de la forme sphérique et finira par l'atteindre, au moins si, entretemps, il ne cesse pas d'être liquide. Figurons-nous, de même, que le protoplasma contenu dans la coquille d'une Arcelle ait pris, par l'effet d'une décharge d'induction, les propriétés mécaniques d'un liquide: les

---

[1]) Il va sans dire que le protoplasma, en sa qualité de corps organisé, ne peut partager *toutes* les propriétés d'une goutte liquide ordinaire.



bulles d'air devront alors devenir immédiatement sphériques, sans changer de volume. La forme du protoplasma s'arrondira et tendra à se rapprocher, autant que possible, de la forme sphérique. L'apparition soudaine d'expansions protoplasmatiques, dont la forme est celle de segments sphériques, s'expliquera de la même manière, par la liquéfaction locale et subite de la couche corticale du protoplasma. Enfin, il ne sera guère plus difficile de se rendre compte du mouvement de progression des individus claviformes de l'*Amoeba diffluens*, en admettant que le protoplasma devient constamment liquide à l'extrémité antérieure de l'Amibe. Autrefois, on n'était pas éloigné de croire que les expansions du protoplasma, dans lesquelles s'élance le courant des granulations, étaient le résultat d'une contraction active de la couche corticale, par suite de laquelle les couches internes du protoplasma, se trouvant sous une pression plus forte, étaient exprimées sur les points qui offraient le moins de résistance. Mais M. Hofmeister a déjà prouvé, d'une manière péremptoire, que cette opinion ne peut être soutenue. La preuve est fournie par le fait, que l'expansion se forme d'abord, et qu'ensuite seulement les granulations y pénètrent. Ces granulations se mettent alors en mouvement d'autant plus tard qu'elles sont plus éloignées de l'endroit vers lequel elles se meuvent: le mouvement des granulations se propage d'avant en arrière. Dans notre cas, par conséquent, si l'on veut parler de contraction, on doit admettre que la formation des expansions à contours sphériques n'est pas due à la contraction d'une partie éloignée de la couche corticale du protoplasma, mais à celle du protoplasma lui-même dans le point où l'expansion se montre. Or, les forces qui donnent lieu à cette contraction pourraient être, — comme le montrent les observations rapportées ci-dessus, — exactement les mêmes que celles en vertu desquelles une goutte liquide libre, de forme quelconque, tend à prendre la forme sphérique.

DÉTERMINATION DE LA VITESSE,

AVEC LAQUELLE EST ENTRAÎNÉ

UN RAYON LUMINEUX,

TRAVERSANT UN MILIEU EN MOUVEMENT,

PAR

M. HOEK.

Dans le tome II de la seconde série des *Comptes Rendus de l'Académie des sciences d'Amsterdam*, page 189, j'ai publié une expérience qui prouve que la formule $\varepsilon\left(1-\frac{1}{n^2}\right)$, proposée par Fresnel, est exacte à $\frac{1}{70}$ près [1]).

Dernièrement, j'ai eu l'occasion de revenir sur la vérification expérimentale de cette expression, dont la connaissance exacte est d'un grand intérêt pour l'astronomie.

Dans un Mémoire intitulé *Die Aberration der Fixsterne nach der Wellentheorie*, M. Klinkerfues s'occupe de la différence qu'il y a entre les deux constantes de l'aberration d'après Delambre et Struve. L'auteur regarde la première comme exacte, la seconde comme influencée par l'épaisseur de l'objectif employé; de sorte qu'un objectif infiniment mince aurait donné à Struve la constante 20″,25, au lieu de 20″,45.

Dans le n°. 1669 des *Astronomische Nachrichten*, j'ai indiqué que mes vues diffèrent de celles de M. Klinkerfues, en ce que je crois qu'il est nécessaire de tenir compte de l'entraînement qu'éprouve un rayon, qui se meut, par un objectif en mouvement.

[1]) Par erreur on y avait mis $\frac{\varepsilon}{\lambda}=\frac{1}{10000}$, au lieu de $\frac{\varepsilon}{n\lambda}=\frac{1}{10000}$, et obtenu alors $\frac{1}{55}$ pour l'exactitude atteinte.

Voici le calcul approximatif qui apprend que, dans cette hypothèse, l'influence de l'objectif sur la constante de l'aberration est peu sensible.

Nommons $d =$ l'épaisseur de l'objectif;
$n =$ son indice de réfraction;
$n\lambda =$ la vitesse de la lumière dans le vide;
$\lambda =$ „ „ „ „ „ dans l'objectif;
$\varepsilon =$ „ „ „ „ terre;

convenons de ne nous occuper que du seul rayon qui entre dans l'objectif suivant l'axe; et, pour simplifier, admettons que le mouvement de la terre soit perpendiculaire au rayon incident.

La lumière mettra $t = \frac{d}{\lambda}$ secondes à parcourir l'objectif, et, pendant ce temps, l'axe se sera déplacé d'une quantité $\frac{d}{\lambda}\,\varepsilon$.

Maintenant, M. Klinkerfues considère cette quantité comme exprimant la distance du rayon à l'axe au bout du temps t.

Moi, je crois qu'il est nécessaire de tenir compte de l'entraînement du rayon, qui est de $\frac{d}{\lambda}\,\varepsilon\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$, et qui par conséquent réduit cette distance à $\frac{d}{\lambda}\,\frac{\varepsilon}{n^2}$. La formule I de M. Klinkerfues (pag. 44), $\Delta\, a = \left\{n^2 - \frac{r'}{r'-r}\right\}\frac{d}{f}\frac{a}{n}$, devient dans ce cas

$$\Delta\, a = \left\{1 - \frac{r'}{r'-r}\right\}\frac{d}{f}\frac{a}{n} = \frac{r}{r-r'}\,\frac{d}{f}\,\frac{a}{n}.$$

La première donne $\Delta\, a = 0'',20$,
la seconde $\Delta\, a = 0'',04$,
pour $n = 1,56$, $a = 20'',45$, $\frac{d}{f} = \frac{1}{115}$, $r = 31,5$, $r' = -55,5$;

c'est-à-dire si l'on emploie les données de M. Klinkerfues, mais en regardant l'objectif comme une seule pièce de verre d'un indice moyen entre le crown et le flint.

Voilà donc une question, d'un haut intérêt pour l'astronomie, rendue dépendante du facteur de Fresnel. Il ne s'agit pas moins

que de la correction d'une constante qui a été employée dans une série innombrable de recherches astronomiques, et cette correction n'est pas permise si le facteur de Fresnel est exact. Motifs, qui m'ont décidé à reprendre le problème, et qui m'ont fait chercher à assujettir à une expérience simple et décisive la question: un rayon lumineux est-il entraîné par le mouvement du milieu dans lequel il se propage, ou non. Cette fois, j'ai eu en vue de rendre l'expérience autant que possible conforme au cas dont il s'agit. Je crois avoir réussi de la manière suivante, où la question est décidée par des mesures, et non pas par l'absence d'un phénomène d'interférence.

La formule générale de la réfraction que j'ai donnée dans la première livraison des *Recherches astronomiques de l'observatoire d'Utrecht*, à la fin de la page 14, se réduit à

$$sin.\,R = \frac{n}{N}\,sin\,i + \frac{\varepsilon}{\lambda}\,cos.\,r\,sin.\,(i - R),$$

si l'on admet que le rayon n'est pas entraîné. Elle donne alors

$$\delta R = \frac{\varepsilon}{\lambda}\,\frac{cos.\,r\,sin.\,(i - R)}{cos.\,R.}$$

pour l'influence du mouvement de la surface réfringente, formule dans laquelle on n'a qu'à substituer φ, φ', v, v', g et N aux caractères i, R, λ, L, ε et r, pour obtenir la formule (5) de la page 20 du Mémoire cité de M. Klinkerfues. Pour $r = 90°$, c'est-à-dire quand la direction du mouvement est située dans le plan réfringent, elle donne $\delta R = 0$, et on a $sin.\,R = \frac{n}{N}\,sin.\,i$. Considérons donc de préférence ce cas.

Soit A (Pl. VII fig. 1) un point lumineux; BC une lentille convergente dont l'axe optique passe par le point A; CD un liquide quelconque, contenu dans un tube qu'on a fermé, d'un côté par la lentille, de l'autre par une glace.

Un rayon de lumière se propagera de A vers D, sans subir aucune réfraction si tout le système est en repos absolu.

Mais dès qu'on admet un mouvement, le phénomène devient

plus compliqué. Que ce mouvement de l'appareil entier ait lieu dans la direction BB_1, et le point B rencontrera quelque part en B_1 le rayon AB_1, qui subira une première réfraction en entrant dans la lentille, une seconde en la quittant en C_1, et qui finira par se propager dans la direction $C_1 D_1$. Reste à savoir la distance linéaire du point D_1 au point D, qui aura atteint pendant cet intervalle la position D_2.

Nommons

$NL = n\lambda =$ la vitesse de la lumière dans le vide;
$L =$ " " " " " " la lentille;
$\lambda =$ " " " " " " le liquide;
$\varepsilon =$ " " " translation de l'appareil;
$N =$ l'indice de réfraction absolu de la lentille;
$n =$ " " " " du liquide;
$t_1 =$ le temps qu'il faut à la lumière pour parcourir AB;
$t_2 =$ " " " " " " " " " BC;
$t_3 =$ " " " " " " " " " CD.

Nous aurons:

pour l'angle d'incidence en B_1 $\quad sin.\, i = \frac{\varepsilon}{NL}$

" " de réfraction en B_1 $\quad sin.\, b = \frac{1}{N}\, sin.\, i = \frac{\varepsilon}{N^2 L}$

" " d'incidence en C_1 $\quad sin.\, i' = sin.\, b = \frac{\varepsilon}{N^2 L}$ [1])

" " de réfraction en C_1 $\quad sin.\, b' = \frac{N}{n}\, sin\, i' = \frac{\varepsilon}{n_2 \lambda}$

et, à des quantités du second ordre près:

$$DD_2 = (t_1 + t_2 + t_3)\,\varepsilon$$

$$\begin{aligned} DD_1 &= AB\, sin.\, i + BC\, sin.\, b + CD\, sin.\, b' \\ &= NL\, t_1\, sin.\, i + L\, t_2\, sin.\, b + \lambda\, t_3\, sin.\, b' \\ &= \varepsilon\, t_1 + \frac{\varepsilon}{N_2}\, t_2 + \frac{\varepsilon}{n_2}\, t_3 \end{aligned}$$

[1]) A la rigueur ou aurait $sin.\, i' = sin.\, b\, \frac{R-d}{R}$, où d est l'épaisseur de la lentille, R le rayon de courbure de la seconde surface; mais négliger d par rapport à R revient à négliger les quantités du second ordre.

enfin, pour la différence $DD_2 - DD_1$:

$$D_2 D_1 = \varepsilon \left(1 - \frac{1}{N_2}\right) t_2 + \varepsilon \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) t_3,$$

quantité positive, vu que n et N sont plus grands que l'unité.

Pour un observateur placé en O, l'image du point A se trouvera à gauche du point D, si D est noté sur la glace par une marque quelconque, et si A et D_1 sont des points conjugués.

Est-il possible de mesurer cette quantité? Rien de plus facile. Donnons à l'appareil une autre position telle que A et D aient changé de place, et la situation relative des points principaux sera exprimée par la figure 2, où l'image de A se trouve à droite de la marque D pour l'observateur O.

Dans la théorie qui n'admet pas l'entraînement du rayon, cette image se sera donc déplacée d'une quantité

$$2\varepsilon \left(1 - \frac{1}{N_2}\right) t_2 + 2\varepsilon \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) t_3,$$

quantité très-sensible dans un appareil convenablement construit.

Au contraire, si l'entraînement existe, il sera de $\varepsilon \left(1 - \frac{1}{N_2}\right) t_2$ dans la lentille, de $\varepsilon \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) t_3$ dans le liquide; de sorte que la distance $D_2 D_1$ est zéro, et qu'il n'y a aucun déplacement de l'image par rapport à D, quand l'appareil change de position.

J'ai exécuté cette expérience.

En A (fig. 3) j'ai placé la fente d'un collimateur AE détaché d'un appareil spectral et privé de son objectif, fente que j'ai éclairée par la lampe monochromatique L donnant de la lumière de la raie D. La distance AB était de 1,405 mètres. La colonne d'eau était contenue dans un tube de 2,067 mètres de long qu'on avait fermé, d'un côté par une glace, de l'autre par une lentille B de 0,507 mètre de distance focale, d'un indice de réfraction de 1,509, et ayant deux rayons de courbure égaux, chacun de 0,516

mètre. L'image de la fente A était formée à 73 mm. de distance derrière la glace; et là, en F, se trouvait un micromètre filaire.

Toutes ces parties constituantes étaient solidement fixées sur une poutre en bois PQ de 3,55 mètres de long, sur 0,095 mètre d'épaisseur, et 0,095 mètre de large. La poutre reposait par trois points R sur une caisse, SS, qu'on pouvait faire tourner avec facilité; de sorte que l'appareil se laissait amener dans une position voulue sans subir le moindre dérangement.

Pour éviter l'influence des flexions par suite de la gravité, j'ai ajouté le niveau NN, qui servait à tenir le plan SS exactement horizontal.

L'appareil a été toujours employé dans le méridien vers midi et minuit.

Voici les résultats de la première expérience, prise le 23 Avril 1868 avant minuit:

Série.	Position du micromètre.	Temps moyen d'Utrecht.	Position de l'image en révolutions du micromètre.	Nombres des mesures.
1	Nord	11^h30^m	$25.^r686$	6
2	Sud	11 35	25. 702	6
3	Nord	11 40	25. 695	6
4	Sud	11 46	25. 718	6
5	Nord	11 52	25. 741	6
6	Sud	11 58	25. 743	6

La moyenne des positions est donc:

Micromètre Nord $25.^r707$ par 3 séries

„ Sud 25. 721 „ 3 „

différence N — S = — 0.014 révolutions du micromètre.

Voici le total des résultats obtenus:

Date 1868.	Temps civil.	Microm. Nord	Nomb. des Séries.	Microm. Sud.	Nomb. des Séries.	Diff. N — S.	Moyenne.
23 Avril	11h44m du soir	r 25.707	3	r 25.721	3	r — 0.014	
7 Mai	11 49 " "	24.011	4	23.980	4	+ 0.031	r + 0.008
8 "	11 55 " "	23.573	3	23.565	3	+ 0.008	
8 Mai	0 3 du soir	23.088	3	23.059	3	+ 0.029	+ 0.033
9 "	11 57 " matin	23.384	3	23.347	3	+ 0.037	
16 Déc.	0 9 du matin	46.796	4	46.781	4	+ 0.015	
17 "	0 18 " "	47.033	3	47.015	3	+ 0.018	0.000
23 "	0 0 " "	45.546	4	45.580	4	— 0.034	
16 Déc.	0 20 du soir	47.000	3	46.977	3	+ 0.023	+ 0.012
23 "	0 11 " "	45.437	4	45.435	4	+ 0.002	

Quelle est maintenant la différence N — S, qu'aurait dû donner l'appareil si l'entraînement n'existe pas?

Admettons d'abord pour ε la vitesse de révolution de la terre, nous aurons:

dans la lentille et la glace, dont les épaisseurs sont de 2 et de 4 mm., avec $N = 1.5$,

$$2\,\varepsilon\left(1 - \frac{1}{N_2}\right) t_2 = 2\,\frac{\varepsilon}{NL}\left(N - \frac{1}{N}\right) 6 = 0{,}001 \text{ mm.}$$

dans la colonne d'eau de 2062 mm. de long, et d'un indice $n = 1{,}33$,

$$2\,\varepsilon\left(1 - \frac{1}{n_2}\right) t_3 = 2\,\frac{\varepsilon}{n\lambda}\left(n - \frac{1}{n}\right) 2062 = 0{,}239 \text{ mm.}$$

La vis du micromètre, ayant un pas de 0,32 mm., la vitesse totale de révolution de la terre donnerait dans cet appareil

$$N - S = 0{,}75 \text{ révolution.}$$

Dans nos expériences la projection de cette vitesse sur la ligne Ouest-Est a toujours été supérieure aux $^9/_{10}$ de la vitesse totale, d'où il suit qu'on aurait dû trouver pour N — S un chiffre plus grand que 0,675 révolution.

Or, rien de pareil n'ayant été trouvé, il paraît nécessaire d'introduire dans les formules l'entraînement du rayon.

Mais il y a plus. On peut dire d'après cette expérience que l'expression $\varepsilon\left(1-\frac{1}{n_2}\right)$ doit être exacte à une fraction minime près.

Le mouvement de la terre autour du soleil étant dirigé vers l'Ouest à midi, vers l'Est à minuit, on peut réduire à minuit les observations faites à midi par un simple changement du signe des résultats:

On a donc:

Vers minuit du 5 Mai $N-S=-0.^r008 \pm 0.018$
„ midi „ 19 Déc. $N-S=+0.005 \pm 0.015$.

Maintenant, deux observations faites à 6 mois d'intervalle, l'une à minuit, l'autre à midi, pourront servir à éliminer le mouvement propre du soleil, attendu que l'horizon d'un même endroit occupe à ces instants des plans parallèles, et que les projections du mouvement de révolution de la terre sur la ligne Ouest-Est sont alors égales mais différentes de signe; celles d'un mouvement de translation constant égales de signe et de grandeur.

Dans notre cas l'intervalle est de 7,5 mois, et la demi-différence des deux résultats est donc à-peu-près libre de l'influence du mouvement propre de notre système planétaire. Il vient alors pour l'effet du mouvement de révolution de notre planète autour du soleil:

$$N-S=0,^r006,$$ avec l'erreur probable 0,011.

D'après ces expériences il y a donc également à parier pour ou contre, que l'inexactitude du facteur proposé par Fresnel surpasse $^1/_{40}$.

Résultat qui s'accorde très bien avec celui tiré de l'expérience précédente, mentionnée au commencement de ce Mémoire.

UTRECHT, Janvier 1869.

SUR LA RÉFRACTION ET LA DISPERSION

DU FLINT-GLASS ET DU CROWN-GLASS,

AINSI QUE DU

QUARTZ ET DU SPATH D'ISLANDE;

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

J'ai terminé dans le courant de l'été de 1868 mes recherches sur le flint-glass et le crown-glass. Ces recherches ont été publiées, avec tous les détails des observations, dans les *Archives du Musée Teyler*, T. II, p. 183; ici je me contenterai de faire connaître les formules de dispersion auxquelles je suis parvenu.

Tous les prismes qui sortent du même atelier sont marqués par moi, au crayon de diamant, du nom du constructeur et d'un numéro d'ordre, sans distinction s'ils sont de crown-glass ou de flint-glass. Steinheil I et II sont tous les deux de flint ordinaire; je les distinguerai ici comme flint-glass *a* et *b*. Steinheil III est de crown; je l'appellerai ici crown-glass *a*.

Merz I et II, qui sont tous les deux du flint pesant de Merz, seront désignés comme flint-glass a^α et a^β; Merz III et IV seront nommés crown-glass *a* et *b*; Merz V, de flint ordinaire, deviendra flint-glass *b*.

Hofmann I, le seul prisme de ce nom, est un prisme du flint-glass pesant que M. Hofmann, de Paris, emploie pour ses spec-

troscopes, entre autres pour ceux qu'il fournit à MM. Secchi et Janssen; je puis nommer ce prisme flint-glass *a*.

Mes observations avec le flint comprennent, en général, au moins 50 des points dont j'ai déterminé la longueur d'onde dans le spectre des réseaux [1]). Dans le temps, j'ai distingué ces divers points par des numéros d'ordre; il suffira de rappeler ici, que 1^{α} est la raie A de Fraunhofer, et que 14^{α} et 14^{γ} correspondent au couple D de Fraunhofer; ensuite: 18 se trouve à peu près au milieu entre les raies D et E, dont la dernière porte chez moi le numéro 22^{α}; 20 est plus rapproché de E; 25 est la première raie du groupe *b* de Fraunhofer, auquel appartiennent encore mes points 26, 27^{α} et 27^{γ}; 36^{β} est un point situé environ à mi-distance entre F et G; 51^{α} est H^{1} de Fraunhofer.

Mes mesures sur le crown-glass, à cause de la dispersion beaucoup plus faible de ce verre, n'embrassent que vingt à vingt-cinq points, qui ont été distribués autant que possible sur toute la longueur du spectre, depuis le rouge jusqu'au violet.

Je donne ci-dessous, à côté des résultats, les températures du local d'observation; ces températures ne seront bien pas identiques à celles de la masse du prisme, mais elles permettent pourtant de s'en faire une idée approximative.

Vu le grand nombre de points que j'observe chaque fois, — nombre qui, dans le cas le plus défavorable, celui de liquides très peu dispersifs, ne descend actuellement jamais au-dessous de 13, — je crois qu'il est bien permis d'appliquer, avec quelque chance de succès, la méthode des moindres carrés, d'autant plus que chaque indice définitif est la moyenne d'au moins quatre mesures particulières. Pour nos prismes de verre, qui ont donné lieu à la mesure de points beaucoup plus nombreux, l'emploi de la méthode peut fournir encore moins matière à objection. J'ai donc calculé pour tous ces prismes la formule de dispersion de Cauchy, avec trois termes, d'après la méthode des moindres carrés, en me servant de tous les résultats obtenus pour les indices

---

[1]) *Archives du Musée Teyler*, T. I, p. 280.

sur toute l'étendue du spectre, et en donnant le même poids à chacun de ces résultats. Pour la plupart de ces espèces de verre les formules ont toutefois été déduites aussi, par manière d'essai, de portions beaucoup plus restreintes du spectre; par exemple, en coupant les observations au point milieu entre D et E, ou au point milieu entre F et G, et ne soumettant au calcul que la partie supérieure ou la partie inférieure du spectre ainsi divisé en deux tronçons. Ce point de partage a été choisi différemment pour les différentes espèces de verre; la première colonne du tableau suivant donne à ce sujet les indications nécessaires. Steinheil flint *a* et *b* et crown *a* sont probablement les espèces de verre dont ce constructeur fait habituellement usage pour ses lentilles achromatiques, et la même chose peut être présumée à l'égard de Merz flint *b* et crown *a*; pour ce motif, je place dans le tableau les formules relatives à ces verres immédiatement au-dessous l'une de l'autre.

Limites.	Nombre des points.	Temp. C.	Formules.	Somme des carrés des erreurs restantes, en unités de la 5e décim.
MERZ flint a^{α}.				
1α-46	52	20°,0	$n = 1{,}714394 + 1100580\,\lambda^{-2} + 6628200(10)^6\,\lambda^{-4}$	3160
MERZ flint $a\beta$.				
1α-18	24	24°,0	$n = 1{,}715220 + 1014502\,\lambda^{-2} + 8385276(10)^6\,\lambda^{-4}$	2139
1α-35	42	„	$n = 1{,}714479 + 1086971\,\lambda^{-2} + 6684116(10)^6\,\lambda^{-4}$	3271
1α-50	57	„	$n = 1{,}714502 + 1086990\,\lambda^{-2} + 6652412(10)^6\,\lambda^{-4}$	8051
1α-35	34	„	$n = 1{,}714681 + 1087298\,\lambda^{-2} + 6514331(10)^6\,\lambda^{-4}$	337
HOFFMANN flint *a*.				
1α-51α	52	22°,4	$n = 1{,}672666 + 938843\,\lambda^{-2} + 4621109(10)^6\,\lambda^{-4}$	3828
MERZ flint *b*.				
1α-20	23	23°,0	$n = 1{,}608872 + 715075\,\lambda^{-2} + 4210724(10)^6\,\lambda^{-4}$	1213
1α-51β	55	„	$n = 1{,}608257 + 771089\,\lambda^{-2} + 2989659(10)^6\,\lambda^{-4}$	2210
21-51β	32	„	$n = 1{,}608829 + 744509\,\lambda^{-2} + 3276859(10)^6\,\lambda^{-4}$	602
MERZ crown *a*.				
1α-36β	14	21°,5	$n = 1{,}508683 + 475507\,\lambda^{-2} + 618(10)^6\,\lambda^{-4}$	94
1α-51β	22	„	$n = 1{,}508567 + 478342\,\lambda^{-2} + 31330(10)^6\,\lambda^{-4}$	981

Limites.	Nombre des points.	Temp. C.	Formules.	Somme des carrés des erreurs restantes, en unités de la 5e décim.
MERZ crown *b*.				
1α-36β	12	26°,9	$n = 1,515653 + 504341\,\lambda^{-2} + 132141(10)^6\,\lambda^{-4}$	110
1α-51β	22	„	$n = 1,515372 + 517286\,\lambda^{-2} + 28573(10)^6\,\lambda^{-4}$	1829
STEINHEIL flint *a*.				
1α-25	16	18°,5	$n = 1,594359 + 727374\,\lambda^{-2} + 2343749(10)^6\,\lambda^{-4}$	356
1α-51α	40	„	$n = 1,594557 + 719100\,\lambda^{-2} + 2370000(10)^6\,\lambda^{-4}$	1039
STEINHEIL flint *b*.				
1α-18	23	20°,2	$n' = 1,588020 + 790319\,\lambda^{-2} + 1036657(10)^6\,\lambda^{-4}$	113
1α-50	54	„	$n = 1,588871 + 728800\,\lambda^{-2} + 2060000(10)^6\,\lambda$	1823
19-50	31	„	$n = 1,589330 + 708843\,\lambda^{--2} + 2261284(10)^6\,\lambda^{-4}$	441
STEINHEIL crown *a*.				
1α-36β	13	24°,5	$n = 1,501863 + 473573\,\lambda^{-2} - 251680(80)^6\,\lambda^{-4}$	52
1α-51β	22	„	$n = 1,501673 + 479192\,\lambda^{-2} - 223696(10)^6\,\lambda^{-4}$	1497

Essayons s'il ne serait pas possible de tirer quelque parti de ces formules pour la construction des prismes et des lentilles achromatiques.

Soient R et R^1 les rayons de courbure des deux surfaces d'une lentille; les plans menés tangentiellement à ces surfaces, à la distance a de l'axe de la lentille, font alors entre eux un angle dièdre qui est déterminé par les formules $A = x + y$, $\sin x = \frac{a}{R}$ et $\sin y = \frac{a}{R'}$; ou bien, en prenant les arcs au lieu des sinus, vu que la courbure des objectifs des lunettes n'est jamais forte, $A = a\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R^1}\right)$. Pour une lentille concave, dont les rayons de courbure sont r et r', on a $A' = -a\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$, c'est-à-dire que l'ouverture de l'angle se tourne du côté opposé. Pour un prisme de petit angle A et d'un indice de réfraction n, dans lequel le rayon lumineux éprouve le minimum de déviation, cette déviation G est déterminée par $\sin\frac{1}{2}(G + A) = n \sin\frac{1}{2} A$, ou, prenant les angles au lieu des

sinus, $\frac{1}{2}(G + A) = \frac{1}{2} n A$, par conséquent $G = (n - 1) A$. Si le même rayon subit une réfraction dans un autre prisme, dont l'angle réfringent est A' et l'indice de réfraction n', et qui a son ouverture tournée vers le côté opposé, le minimum de déviation dans ce nouveau prisme est $G' = -(n' - 1) A'$, et la déviation restante $G - G' = (n - 1) A - (n' - 1) A'$.

Prenons maintenant une lentille convexe et une lentille concave, que les rayons lumineux traversent aussi, approximativement, avec le minimum de déviation, la déviation restante sera:

$$G - G' = a\,(n - 1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) - a\,(n' - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right).$$

Bornons-nous à un prisme de crown-glass et de flint-glass, dans lequel l'angle le plus grand A et l'indice le plus petit n appartiennent au crown-glass, tandis que A' et n' se rapportent au flint-glass; pour que le prisme soit complétement achromatique, il faut alors que $G - G' = (n - 1) A - (n' - 1) A'$ soit une grandeur constante pour toutes les valeurs de λ.

Substituons maintenant pour n et n' leurs valeurs variables exprimées en λ, il faut que

$$G - G' = (a + b\lambda^{-2} + c\lambda^{-4} - 1) A - (a' + b'\lambda^{-2} + c'\lambda^{-4} - 1) A'$$

soit une quantité constante; toutes les valeurs des coefficients a, b et c sont données pour les deux espèces de verre qu'on choisira; quant à A et A', nous pouvons en disposer librement, ou plutôt, ils doivent rester petits tous les deux, mais nous sommes maîtres de régler leur rapport $\frac{A}{A'}$. Nous pouvons faire disparaître les termes dans lesquels entre λ^{-2}, en prenant $b A = b' A'$, c'est-à-dire $A' = \frac{b}{b'} A$; les seconds termes ont dans les expressions ci-dessus beaucoup plus d'importance que les troisièmes; l'importance de ces derniers croît toutefois de plus en plus vers la lumière bleue et violette, à mesure que λ devient plus petit. Il

dépend des valeurs relatives de b, c, b' et c', jusqu'à quel point ces termes, qui renferment λ^{-1}, disparaissent également; si $\frac{b}{b'} = \frac{c}{c'}$, ces termes s'annulent en même temps que ceux où entre λ^{-2}, et notre prisme composé devient parfaitement achromatique. Voyons dans quelle mesure le flint b et le crown a de Merz satisfont à cette condition; comme il ne s'agit ici que d'un calcul approximatif, nous diminuerons un peu le nombre des chiffres de b, c, b' et c'. Les deux espèces de verre donnent:

$$\begin{aligned} G - G' = & (0{,}508567 + 478(10)^3 \lambda^{-2} + 31(10)^6 \lambda^{-4})\,A \\ & - (0{,}608257 + 771(10)^3 \lambda^{-2} + 990(10)^9 \lambda^{-4})\,A'; \end{aligned}$$

en faisant dans cette expression $A' = \frac{478}{771} A$, le terme qui contient λ^{-2} disparaît et le résultat devient:

$$\begin{aligned} G - G' = & A\,(0{,}508567 - 0{,}373103 + 31(10)^9 \lambda^{-4} - 1854(10)^9 \lambda^{-4}) \\ = & A\,(0{,}135464 - 1823\,(10)^9 \lambda^{-4}). \end{aligned}$$

Steinheil flint b et crown a donnent:

$$\begin{aligned} G - G' = & A\,(0{,}501673 + 479(10)^3 \lambda^{-2} - 224(10)^9 \lambda^{-4}) \\ & - A'\,(0{,}588871 + 729(10)^3 \lambda^{-2} + 2060(10)^9 \lambda^{-4}); \end{aligned}$$

et faisant $A' = \frac{479}{729} A$,

$$\begin{aligned} G - G' = & A\,(0{,}501673 - 0{,}386921 - 224(10)^9 \lambda^{-4} \\ & - 1354(10)^6 \lambda^{-4}) = A\,(0{,}114752 - 1578(10)\,\lambda^{-4}), \end{aligned}$$

ou, en prenant pour Steinheil, au lieu de A, une valeur plus petite $\frac{114752}{135464}$ A, ce qui rend le terme constant égal à celui de la formule de Merz, on obtient pour Steinheil

$$G - G' = (0{,}135464 - 1875(10)^9 \lambda^{-4})\,B.$$

Ces formules montrent que, au point de vue en question, les verres employés par les deux fabricants se rapprochent singulièrement l'un de l'autre; les angles des prismes de Steinheil doivent seulement être plus grands dans le rapport $\frac{135464}{114752}$, c'est-à-dire qu'on doit

se figurer ici l'angle du prisme de crown $= \frac{135464}{114752} A$, lorsque A représente l'angle du prisme de crown de Merz. En choisissant le rapport de cette manière, les deux prismes achromatisés donneront la même déviation, et dans tous les deux cette déviation sera moindre pour le violet que pour le rouge.

Si l'angle A du prisme de crown-glass de Merz est égal à 10°, on a:

$$\begin{array}{rl} \text{déviation de } 1\alpha & = 1^\circ\,20'\,57'' \\ \text{et celle de } 51\alpha & = 1^\circ\,16'\,53'' \\ \hline & \quad\;\; 4'\;\; 4'', \end{array}$$

avec un prisme de flint-glass de 6° 11′ 59″.

Prenant de même un prisme de crown de Steinheil, dont l'angle soit de 10°, on a:

$$\begin{array}{rl} \text{déviation de } 1\alpha & = 1^\circ\,8'\,34'' \\ \text{et celle de } 51\alpha & = 1^\circ\,5'\;\;3'' \\ \hline & \quad\;\; 3'\,31'', \end{array}$$

avec un prisme de flint-glass de 6° 34′ 14″. Ou bien, augmentant les angles de ces prismes de Steinheil dans le rapport donné ci-dessus, on a pour un prisme de crown-glas de 11° 48′ 3″:

$$\begin{array}{rl} \text{déviation de } 1\alpha & = 1^\circ\,20'\,56'' \\ \text{et celle de } 51\alpha & = 1^\circ\,16'\,47'' \\ \hline & \quad\;\; 4'\;\; 9'', \end{array}$$

avec un prisme de flint-glass de 7° 4′ 32″. On voit quel accord intime il y a entre ces prismes de Merz et de Steinheil.

Pour une déviation de 1°⅓ nous avons donc une dispersion de 4′; mais, en prenant simplement un prisme de crown-glass de 2° 34′, nous obtenons la même déviation avec une dispersion de 3′ 14″, c'est-à-dire encore plus faible. Les combinaisons indiquées ne conduisent donc à aucun résultat pratique, puisqu'elles ont pour effet d'augmenter la dispersion. La cause de ce phénomène réside dans la grande discordance des coefficients des troisièmes termes pour le crown-glass et le flint-glass; si l'on avait $\frac{b}{b'} = \frac{c}{c'}$,

l'achromatisme parfait pourrait être obtenu de cette manière. Le coefficient du troisième terme est accru hors de toute proportion pour le flint-glass, et, pour autant que je sache, la même chose arrive pour toutes les matières très dispersives, telles que les combinaisons hydrocarbonées, benzine, essences de térébenthine, de cannelle, d'anis, etc., et aussi pour toutes les espèces de flint-glass; cette valeur considérable du troisième terme paraît être réellement inhérente au phénomène de la dispersion énergique.

Lorsqu'on peut faire entrer trois substances différentes dans la construction du prisme, on a la faculté de disposer de trois angles A, A′ et A″, et par conséquent de faire disparaître à la fois les deux termes affectés de λ^{-2} et λ^{-4}. Il faudra alors, de préférence, combiner avec le crown-glass et le flint-glass une matière pour laquelle le troisième terme soit négatif, et comme telle c'est l'eau qui se présentera en première ligne. Trois prismes de crown, d'eau et de flint, ayant respectivement des angles de 20°, 17° 36′ et 4° 24′, donnent une déviation complétement achromatique de 1° 56′.

Soient n et n' les indices du crown-glass pour 1α et 51α, et N et N′ ceux du flint-glass. Dans les formules pour

$$1\alpha:\ G - G' = (n - 1'')\,A - (N - 1)\,A' = O$$
$$\text{et } 51\alpha:\ G_1 - G'_1 = (n' - 1)\,A - (N' - 1)\,A' = P,$$

on peut alors introduire la condition: $O = P$, ce qui donne une différence égale à zéro pour la déviation de ces deux rayons; on obtient alors $A\,(n - n') = A'\,(N - N')$, c'est-à-dire que le spectre du crown-glass a la même largeur que celui du flint-glass. Un prisme de crown, de Merz a, avec un angle égal à 10°, exige un prisme de flint, de Merz b, avec un angle égal à 4° 43′. On garde alors une déviation de 2° 14′; le rouge et le violet se recouvrent exactement et ont la déviation la plus petite; le maximum de déviation tombe sur un rayon dans le vert glauque, environ aux $\frac{3}{4}$ de la distance entre la raie b et la raie F de Fraunhofer; enfin la

largeur du spectre ne dépasse pas 30″. Nous retombons ainsi sur la règle d'après laquelle les prismes achromatiques se construisent ordinairement.

Mes observations sur le Quartz et le Spath d'Islande embrassent les indices ordinaires et extraordinaires de la première de ces substances et seulement les indices ordinaires de la seconde. Elles ont été faites, quant au quartz, avec un premier prisme, n°. I, dans lequel l'axe était perpendiculaire au plan bissecteur de l'angle réfringent, et avec un second prisme, n°. II, dans lequel l'axe était parallèle aux arêtes; quant au spath d'Islande, seulement avec un prisme à axe perpendiculaire au plan bissecteur, vu que je n'avais pu parvenir encore à me procurer un prisme de spath, taillé dans le second sens, qui ne laissât rien à désirer; ces trois prismes m'ont été fournis par M. Hofmann, de Paris. Le quartz du premier prisme tournait la lumière polarisée à gauche; pour ce qui regarde le second prisme de quartz, je n'ai pas encore pu étudier le sens de sa rotation. Le tableau suivant fait connaître mes résultats, en même temps que ceux de MM. Rudberg, Esselbach et Mascart, les seuls qui me soient connus. Les variations des indices avec la température, que j'ai observées, s'accordent, quant au sens, avec celles que M. Fizeau a déterminées par une voie toute différente; c'est à peu près tout ce qu'on pouvait exiger.

Voici d'abord les formules qui résument les résultats:

Quartz.

Ord.	$1\alpha—51\alpha$ I		$n = 1{,}531865 + 435469\lambda^{-2} - 357288(10)^6\lambda^{-4}$
	$1\alpha—51\alpha$ II		$n = 1{,}531815 + 439793\lambda^{-2} - 409926(10)^6\lambda^{-4}$
	$1\alpha—$ P		$n = 1{,}531916 + 429097\lambda^{-2} - 218968(10)^6\lambda^{-4}$
Extraord.	$1\alpha—51\alpha$		$n = 1{,}540486 + 454414\lambda^{-2} - 408928(10)^6\lambda^{-4}$
	$1\alpha—$ P		$n = 1{,}540860 + 431509\lambda^{-2} - 100397(10)^6\lambda^{-4}$

Spath d'Islande.

Ordin.

$$1\beta—51\alpha = 1{,}638128 + 696230\lambda^{-2} + 227681(10)^6\lambda^{-4}$$

$$1\beta—\text{P} = 1{,}637490 + 704159\lambda^{-2} + 379210(10)^6\lambda^{-4}$$

			QUARTZ.								SPATH D'ISLANDE.		
			Ordin.					Extraord.			Ordin.		
		λ	I.	II.	RUDB.	ESSELB.	MASCART.	II.	RUDB.	MASCART.	I.	RUDB.	MASC.
Temp.			29°.0	23°.75	18°.0			23°.85	18°.0		28°.0	17°.75	
1α	A	7633,98	1,53914	1,53913		0	1,53902	1,54805		1,54812			1,65013
1β	A*	7609,18									1,65006		
3α	*a*	7189,57	1,54013	1,54018		...	1,54018	1,54910		1,54919	1,65166		1,65162
4α	B	6874,83	1,54097	1,54097	1,54090	1,5414	1,54099	1,54998	1,54990	1,55002	1,65302	1,65308	1,65296
5	C	6565,57	1,54184	1,54185	1,54181	1,5424	1,54188	1,55085	1,55085	1,55095	1,65449	1,65452	1,65446
14αγ	D	5895,37	1,54417	1,54419	1,54418	1,5446	1,54423*	1,55329	1,55328	1,55338*	1,65842	1,65850	1,65846*
22α	E	5272,03					1,54718			1,55636	1,66351		1,66354
22β	E*	5268,39	1,54711	1,54716	1,54711	1,5476		1,55633	1,55631			1,66360	
25	*b*	5186,05	1,54757	1,54763				1,55683			1,66435		
27γ	*b*	5169,85					1,54770			1,55694			1,66446
31		4959,79	1,54896	1,54902				1,55825			1,66677		
34	F	4864,00	1,54961	1,54965	1,54965	1,5500	1,54966	1,55894	1,55894	1,55897	1,66794	1,66802	1,66793
35		4670,26	1,55104	1,55107				1,56039			1,67045		
36β		4534,37		1,55220				1,56155			1,67248		
40	G	4311,37	1,55422	1,55422	1,55425	1,5546	1,55429	1,56365	1,56365	1,56372	1,67622	1,67617	1,67620
43		4228,76	1,55507	1,55508				1,56453			1,67773		
46		4104,02	1,55644	1,55648				1,56597			1,68029		
48		4066,87									1,68110		
50α		4036,15	1,55729	1,55730				1,56681			1,68178		
51α	H	3971,46	1,55808	2,55811	1,55817	1,5586	1,55816	1,56771	1,56772	1,56770	1,68325	1,68380	1,68330
	L	3822,84				1,5605	1,56019			1,56974			1,68706
	M	3731,07				1,5621	1,56150			1,57121			1,68966
	N	3582,06				1,5646	1,56400			1,57381			1,69441
	O	3442,46				1,5674	1,66668			1,57659			1,69955
	P	3362,91				1,5690	1,56842			1,57822			1,70276
	Q	3289,36				1,5702				1,57998			1,70613
	R	3179,78				1,5737				1,53273			1,71155
	S												1,71580
	T												1,72004

*) RUDBERG, POGGEND. *Annalen*, XIV, pag. 52, 1828.

†) ESSELBACH, POGGEND. *Annalen*, XCVIII, pag. 544, 1856.

§) MASCART, *Annales scientifiques de l'école normale supérieure à Paris*, T. I, pag. 238, 1864.

NOTE CONCERNANT LES OBSERVATIONS DE M. REGNAULT SUR LA LETTRE ADRESSÉE

À L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'INSTITUT DE FRANCE,

PAR

J. BOSSCHA Jr.

(*Comptes rendus*, LXIX, p. 879.)

Je regrette que M. Regnault ait cru devoir présenter ses observations sur ma Lettre avant d'avoir pris connaissance des deux Mémoires qui font le sujet de ma communication. En les parcourant, M. Regnault se serait aperçu que je n'ai rien avancé concernant ses expériences et les résultats qu'il en a déduits, qui ne soit une conséquence inévitable de ce qui se lit dans ses écrits. Pour répondre à ses objections, je me vois forcé maintenant de revenir avec quelques détails sur les considérations qui m'ont fait reconnaître que les mesures calorimétriques de ce physicien avaient besoin de quelque correction.

Qu'il me soit permis de rappeler tout d'abord, que je n'ai en aucune manière mis en doute l'exactitude de celles des mesures de M. Regnault, qui se rapportent aux températures au-dessus de 100 degrés. Il faudrait ne pas avoir lu ses Mémoires, pour ignorer que ce savant décrit toujours la manière dont il a, dans ces circonstances, tenu compte des divergences que le thermomètre à mercure présente avec le thermomètre à air. Je n'ai donc pas à m'occuper de ce que M. Regnault a communiqué à l'Académie pour prouver qu'il a toujours considéré le thermomètre, employé dans les hautes températures, comme simple thermoscope. Ce point est tout-à-fait hors de discussion. Mais ce que j'ai soutenu et ce que je dois soutenir, même après les dénégations de M. Regnault,

c'est qu'il n'a pas accordé aux divergences des deux instruments entre zéro et 100 degrés l'attention qu'elles méritent. A cet égard, les relations de M. Regnault gardent ordinairement le silence, ou, s'il en est fait mention, c'est uniquement pour exprimer que ces divergences sont insignifiantes, ou trop petites pour être déterminées avec quelque précision, et qu'on peut les négliger. Ce que j'ai à prouver, c'est que M. Regnault, qui *jamais* et *nulle part* ne nous fait connaître une correction appliquée aux températures ordinaires, l'a négligée là même où ses propres expériences indiquent qu'elle excède le dixième du degré centigrade, et que dans ses expériences calorimétriques il a bien réellement, comme l'ont fait jusqu'ici tous les physiciens, employé le thermomètre à mercure comme instrument de mesure.

Dans le Mémoire „sur la mesure des températures" (*Mém. de l'Acad.* Tome XXI) M. Regnault a réuni toutes les expériences qu'il a publiées sur la comparaison des thermomètres à mercure avec le thermomètre à air. Si donc on veut connaître quelle est, d'après les conclusions que ce savant a tirées de ses recherches, faites spécialement dans ce but, la véritable marche des thermomètres à mercure, il faudra nécessairement recourir à ce Mémoire. Or, voici la forme dans laquelle M. Regnault présente le résumé de ses recherches.

I. A la page 239 on trouve „une table générale qui renferme tous les résultats de la comparaison du thermomètre à air normal avec les diverses espèces de thermomètres."

Cette table cependant ne commence qu'à partir de la température de 100°; elle ne nous apprend rien sur la marche des thermomètres à mercure depuis zéro jusqu'à 100 degrés.

II. Des courbes, représentant les différences de marche des thermomètres à mercure avec le thermomètre à air, sont figurées sur la planche VIII à la fin du Tome XXI.

Ces courbes descendent d'environ 330° jusqu'à 100 degrés, à ce dernier point elles s'arrêtent. On ne saurait donc rien en conclure par rapport aux températures inférieures. Ce n'est que le thermomètre à mercure sans enveloppe dont on a tracé la courbe

de 100° à 0°, au moyen des données obtenues par les expériences sur la dilatation absolue du mercure.

III. Deux tables, insérées à la page 237, font connaître de dix en dix degrés les dilatations absolues du cristal et du verre depuis 0° jusqu'à 350°.

Ce sont ces tables que j'ai employées pour calculer quelle serait, d'après M. Regnault, la marche des thermomètres à mercure entre les deux points fixes de l'échelle. Il est clair, qu'au moyen de ces tables et de celle de la dilatation absolue du mercure, on peut calculer pour chaque température du thermomètre à air la valeur de la dilatation apparente du mercure, soit dans les enveloppes de verre, soit dans celles de cristal, et que, au moyen d'une simple proportion, on obtient la température indiquée par le thermomètre à mercure. J'ai préféré cependant remonter aux formules d'interpolation pour la dilatation apparente du mercure, qui ont servi de base pour le calcul des tables. Ces formules n'ont pas été communiquées par M. Regnault, mais on peut les reconstruire avec les données des tables. Elles sont de la forme: $D_t = at + bt^2$. J'en ai déduit la formule suivante, qui exprime la différence e du thermomètre à mercure et du thermomètre à air en fonction de la température t de ce dernier instrument, savoir:

$$e = \frac{1}{A} t\ (t - 100)\ b \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dans cette formule, qui offre le grand avantage de faire connaître la relation qui existe entre les valeurs de e aux diverses températures, A signifie le coefficient moyen de la dilatation du mercure entre 0° et 100 degrés. En y substituant les valeurs de A et de b d'après les formules d'interpolation employées par M. Regnault, on obtient pour l'écart maximum ε du thermomètre à mercure et du thermomètre à air entre 0° et 100°, les valeurs suivantes:

therm. en cristal de Choisy-le-Roy, $\varepsilon = -0,31$
„ „ verre ordinaire . . . . . . $\varepsilon = -0,14$.

IV. Dans le texte du Mémoire de M. Regnault on ne trouve, concernant la marche du thermomètre à mercure entre 0° et 100°



comparée à celle du thermomètre à air, que le passage suivant:

„Il est probable qu'il existe une différence sensible entre 0° et 100° dans la marche des deux instruments. Les expériences du tableau annexé à la page 226 le montrent d'une manière évidente; *mais ces différences sont si petites, qu'il est difficile de les déterminer avec quelque précision.*"

Or, dans le tableau indiqué, qui renferme les anciennes expériences de M. Regnault, publiées pour la première fois dans les *Ann. de Chimie et de Physique*, Série III, Tome V, on trouve que la différence vers 50° est de + 0,20 à + 0,30, ce qui constitue avec les valeurs déduites des tables un désaccord considérable.

Pour bien faire saisir le sens des mots que nous venons de souligner, il est utile de rappeler que M. Regnault dans la première publication de ces expériences, après avoir remarqué que vers le milieu de l'échelle le thermomètre à mercure s'est écarté du thermomètre à air d'environ 0,2, observe que *cette différence est trop petite pour qu'il soit nécessaire d'y avoir égard et qu'elle tombe d'ailleurs dans les limites d'incertitude qui dépendent du déplacement du thermomètre à mercure.*

J'en conclus:

1. que les formules que M. Regnault a déduites de ses nouvelles expériences sont en désaccord complet avec les données de ses anciennes expériences, et que par conséquent son Mémoire ne nous apprend rien de certain concernant la marche des thermomètres entre 0° et 100°;

2. que M. Regnault a considéré une différence de 0,2 a 0,3 comme une quantité insignifiante, impossible à déterminer avec quelque précision et à laquelle il est *inutile* d'avoir égard. Ainsi que j'avais l'honneur de l'annoncer dans ma Lettre à M. le secrétaire perpétuel, un calcul plus exact, dans lequel il a fallu recourir à une formule du troisième degré pour exprimer la dilatation apparente du mercure, a fait disparaître les désaccords que je viens de signaler et a démontré que les expériences aux températures élevées peuvent très bien servir pour déterminer la

différence des thermomètres à mercure et à air vers 50°. J'ai constaté ainsi que toutes les expériences indiquent une différence positive pour le thermomètre en verre ordinaire, et négative pour les thermomètres en cristal, de sorte que ces deux instruments présentent vers le milieu de l'échelle la divergence assurément très importante d'un demi-degré centigrade. Lorsqu'on emploie pour exprimer la dilatation apparente du mercure une formule à trois termes, la formule (1) devient

$$e = \frac{1}{A} t (t - 100) \{b + c (100 + t)\} \ldots \ldots \quad (2)$$

quand on désigne par c le coefficient du troisième terme. On voit que la divergence du thermomètre à mercure devient nulle pour $t = 0$, $t = 100$ et $t = -\left(\frac{b}{c} + 100\right)$.

Pour les thermomètres en verre, dans la formule desquels b est négatif, j'ai pu déterminer ainsi avec quelque précision cette troisième température, à laquelle les deux instruments marchent d'accord.

M. Regnault affirme maintenant (*Comptes Rendus* LXIX p. 880) que les thermomètres en cristal de Choisy-le-Roy sont en retard entre 0° et 100°, tandis que les thermomètres faits avec tous les autres verres dont il s'est servi présentent une divergence en sens contraire. Je suis complètement d'accord avec lui; mes calculs ne laissent aucun doute à cet égard. Ce sont les formules de M. Regnault qui disent le contraire pour le verre ordinaire. Ces formules sont déduites des nouvelles expériences aux températures élevées, elles sont en désaccord avec les anciennes expériences. Il me semble que tant que ce désaccord existe, on ne peut tirer aucune conclusion de ces expériences. Quant aux thermomètres en cristal, M. Regnault n'a jamais publié des mesures directes qui font connaître l'écart qu'ils présentent à 50°. Pour ces instruments il faut donc se rapporter aux formules déduites des expériences aux températures élevées. Il me semble qu'on ne peut pas rejeter ces formules pour les thermomètres en verre, parce qu'elles ne s'accordent pas avec les expériences aux basses

températures, et les adopter en même temps pour les thermomètres en cristal, qui échappent à ce contrôle faute de mesures directes. Il n'est point du tout clair, comme le dit M. Regnault, que tous les thermomètres qui montrent au-dessus de 100 degrés des températures moins élevées que le thermomètre à air *doivent* être en avance sur le thermomètre à air entre 0° et 100°. La courbe, qui représente la différence de marche des deux instruments, peut très bien avoir vers 100° un point de rebroussement ou couper l'axe des abcisses dans le voisinage de ce point fixe. Il est vrai que cela ne peut arriver tant que la courbe du thermomètre est du second degré, comme celle qu'on déduirait de la formule d'interpolation employée par M. Regnault, mais c'est là justement l'erreur dans laquelle est tombée M. Regnault, qu'il a voulu représenter par une formule du second degré les ordonnées d'une courbe, qui offre avec l'axe des abscisses trois points d'intersection.

M. Regnault remarque lui-même que les formules de la dilatation apparente du mercure, qui lui ont servi pour le calcul des tables, ne représentent pas les observations d'une manière satisfaisante. On pourrait donc croire que j'ai eu tort de vouloir déduire de ces formules la marche du thermomètre entre 0° et 100°. Mais M. Regnault ajoute que le mode d'interpolation employé par lui suffit lorsqu'on se propose seulement de calculer les tables des dilatations du verre, qui sont nécessaires pour corriger les thermomètres à air des dilatations de leurs enveloppes. Or, le calcul démontre que si ces tables ne sont pas assez exactes pour rendre compte de la différence de marche des thermomètres en cristal et de ceux en verre entre 0° et 100^c, elles exposent à des erreurs dans la mesure des températures au moyen du thermomètre à air, de 0°,07 vers 100°, de 0°,30 vers 200° et de 0°,73 vers 300°. Il m'a semblé permis de supposer que les tables reconnues suffisantes par M. Regnault seraient assez exactes pour prémunir contre de telles erreurs.

Ce n'est pas seulement dans le Mémoire sur la mesure des températures que M. Regnault a regardé des écarts du thermo-

mètre à mercure entre 0° et 100°, qui atteignent 0°,2, comme des erreurs qu'on peut négliger. On trouve partout dans ses écrits les preuves que ce savant en a toujours jugé ainsi. Dans le Mémoire sur les forces élastiques de la vapeur d'eau on lit (Tome XXI page 616) ce qui suit: *Il est probable*, d'après la forme que nous avons reconnue à la courbe qui représente la comparaison de ces deux espèces d'instruments, que les températures données par les thermomètres à mercure, avec enveloppe de cristal, sont un peu plus faibles, entre 0° et 100°, que celles qui sont marquées dans les mêmes circonstances par le thermomètre à air. Les forces élastiques que nous avons trouvées directement dans nos expériences sont donc probablement un peu trop fortes lorsqu'on les rapporte au thermomètre à air. *Les différences sont d'ailleurs trop petites pour que l'on puisse espérer pouvoir les fixer avec certitude dans des observations directes.*

Peut-on énoncer plus clairement que les indications du thermomètre à mercure n'ont pas été comparées à celles du thermomètre à air, qu'on ne connaît pas la valeur exacte de la différence des deux thermomètres, qu'on désespère pouvoir jamais corriger d'une manière exacte les thermomètres à mercure de ces erreurs, et que même pour déterminer le sens des corrections on est réduit à de simples conjectures, basées sur la ressemblance probable des courbes des divers thermomètres? Assurément ce n'est pas à ces expériences que peut s'appliquer la déclaration que M. Regnault vient de faire à l'Académie en ces termes. „Il résulte évidemment de là, que chaque thermomètre à mercure employé pour des expériences précises doit être préalablement comparé au thermomètre à air, et *c'est ce que j'ai toujours fait, aussi bien entre zéro et* 100 *degrés que pour les hautes températures.*"

Remarquons que dans le passage cité du Tome XXI M. Regnault, voulant juger approximativement de la marche de ses thermomètres à tige, se réfère évidemment aux expériences faites avec les thermomètres à déversement. Dans sa réplique à mes observations au contraire, il dit que les tables qui font connaître la différence de marche entre le thermomètre à mercure et le

thermomètre à air, ne s'appliquent qu'aux thermomètres à poids, comme s'il voulait donner à entendre par là que pour connaître la marche des thermomètres à tige on ne saurait se référer aux expériences faites avec des thermomètres à déversement. J'ai déjà observé, dans mon Mémoire sur la dilatation apparente du mercure, que les thermomètres à tige de M. Regnault suivent à très peu près la même marche que ses thermomètres à poids. En voici la preuve. Au moyen de la formule (2) on peut trouver une relation entre les écarts du thermomètre à mercure à la température de 50' et à une température quelconque t.

Soit ε l'écart vers 50°, e celui à la température t, on a

$$\varepsilon = -\frac{2500}{t(t-100)}\, e \left\{ 1 - \frac{c}{b}(t-50) \right\}.$$

C'est avec cette formule que j'ai calculé l'écart que devraient présenter vers 50° les thermomètres de M. Regnault. J'ai fait usage à cet effet des nombreuses comparaisons des thermomètres en cristal n°. 0 et n°. 10 avec le thermomètre à air, qu'on trouve dans le tableau des expériences sur les forces élastiques de la vapeur (Tome XXI p. 562 et suiv.), et qui sont reproduites par M. Regnault dans le Tome XXVI p. 369 et 370. Je me bornerai à communiquer le résultat du calcul de la série z qui est la plus nombreuse. Elle comprend 30 mesures; pour abréger, j'ai réuni en groupes les expériences de vingt en vingt degrés et j'ai inscrit dans le tableau suivant la moyenne de chaque groupe.

	Therm. n°. 0.	Therm. n°. 10.
116 — 40	ε = 0,12	ε = 0,17
140 — 160	0,14	0,16
160 — 180	0,15	0,17
180 — 200	0,16	0,17
200 — 220	0,16	0,17
220 — 240	0,17	0,17

Comme on ne connaît pas les valeurs des coefficients $\frac{a}{b}$, j'ai dû supposer dans ce calcul que le terme $\frac{c}{b}(t-50)$ était assez

petit pour pouvoir être négligé. D'après les formules de la dilatation apparente du mercure dans les réservoirs en cristal, cette supposition était admissible à priori. Mais le calcul même nous offre le moyen de la contrôler. En effet, si le terme $\frac{c}{b}(t-50)$ avait une influence sensible sur la valeur calculée de ε, on devrait, en le négligeant, trouver des nombres croissant rapidement dans les hautes températures. Pour le thermomètre n°. 10° rien de pareil ne se présente. Quant au thermomètre n°. 0, on pourrait au premier abord attribuer les valeurs croissantes de ε à la valeur élevée du coefficient $\frac{c}{b}$; mais on remarque que la marche ascendante de ε se ralentit dans les hautes températures, ce qui est incompatible avec cette supposition. Pour expliquer la différence des deux premiers nombres il faudrait admettre pour $\frac{c}{b}$ une valeur qui, dans les expériences du dernier groupe, ferait $\varepsilon = 0{,}40$ au lieu de 0,17. Comme cette dernière valeur a été déduite d'un écart observé e, qui est onze fois plus considérable que ε, on serait donc conduit à attribuer à la mesure directe de e une erreur de 2°,5, ce qui est inadmissible. On trouve une explication bien plus plausible en admettant que le thermomètre à mercure a présenté une erreur constante, résultant d'un déplacement de ses deux points fixes. Cette erreur doit se retrouver en entier dans la valeur de ε du premier groupe, tandis qu'elle n'entre que pour un onzième dans la valeur de ε calculée d'après les expériences aux plus hautes températures. Il suffit que le zéro se soit déplacé de 0°,06 pour expliquer la marche progressive des valeurs de ε. Or, des déplacements de cette étendue sont très fréquents dans les thermomètres en cristal. D'après cela, la valeur de ε serait de 0,17 tant pour le thermomètre n°. 0 que pour le n°. 10.

J'ai trouvé pour les thermomètres à déversement $\varepsilon = 0{,}20$; on voit que ces deux sortes d'instruments marchent sensiblement d'accord. Ce sont ces écarts de 0,20 et de 0,17 que M. Regnault,

d'après ses propres paroles, a jugés trop petits pour qu'on puisse espérer pouvoir les fixer avec certitude par des observations directes.

Dans la deuxième partie de la Relation qui a été publiée en 1862 on trouve d'autres preuves non moins concluantes que M. Regnault a cru pouvoir s'abstenir de corriger les températures des thermomètres à mercure au-dessous de 100°. Ce sont encore les thermomètres en cristal à propos desquels M. Regnault dit à la page 373: „J'ai admis que les thermomètres à mercure marchaient d'accord avec le thermomètre à air depuis 20 jusqu'a 100°; cela n'est pas absolument vrai, comme je l'ai déjà dit (T. XXI p. 238); mais les différences trouvées pour mes thermomètres actuels, dans des expériences qui ont été faites exprès pour cet objet, sont tellement petites, qu'il m'est impossible de les fixer avec certitude." Cependant, dans les expériences sur les forces élastiques de la vapeur d'éther (p. 392), M. Regnault, employant les mêmes thermomètres, a cru devoir appliquer une correction pour ramener la température de 120° du thermomètre à mercure à celle du thermomètre à air. Cette réduction a été négligée pour la température de 50°. *Or à 50° l'écart des deux instruments est encore un peu plus fort que celui à* 120°.

Une expérience remarquable communiquée par M. Regnault, à la page 523 du Tome XXVI, nous permet de juger de quel degré de précision ce physicien a cru devoir se contenter dans la vérification des thermomètres à mercure aux températures au-dessous de 100°. Ayant déterminé au moyen du thermomètre à air le point de fusion du mercure, M. Regnault compare cette température à celle indiquée dans les mêmes circonstances par le thermomètre à mercure. De deux expériences faites avec le thermomètre à air, l'une avait donné —38°,67, l'autre —38°,33; le thermomètre à mercure indiquait —38°,60. M. Regnault en conclut que ses thermomètres à mercure ne présentent pas avec les thermomètres à air de différences assignables, aux basses températures.

On voit que les deux températures du thermomètre à air diffèrent entre elles de 0°,34. Je pense qu'il est difficile d'atteindre dans ces expériences un plus haut degré de précision. Cependant,

admettre que l'expérience citée puisse prouver quelque chose par rapport à l'écart que présente à cette température le thermomètre à mercure, c'est reconnaître en même temps qu'une incertitude de 0,34. est de peu de conséquence. Pourtant il suffit de supposer une différence de marche de cette valeur dans l'experience calorimétrique (Tome XXVI, p. 108) par laquelle M. Regnault a déterminé la chaleur spécifique de l'air entre —30° et 10°, pour obtenir, au lieu de la valeur 0,23771 trouvée par M. Regnault, soit 0,23918, soit 0,23624, selon que le thermomètre à mercure s'écarte du thermomètre à air dans un sens ou dans un autre. L'expérience qui a été faite pour prouver que la chaleur spécifique entre —30° et + 10° coïncide avec les valeurs 0,23741 et 0,23751, obtenues entre 0° et 100 et entre 0° et 200, ne peut donc plus servir à constater cette loi.

Il importe qu'on se rende bien compte de l'influence qu'exerce l'irrégularité de la marche du thermomètre à mercure sur les expériences calorimétriques. Ce n'est pas seulement la mesure d'une température déterminée qui est affectée par l'erreur du thermomètre; la divergence du thermomètre à mercure rend de plus inégales les valeurs des degrés aux différents points de l'échelle. En ceci, la correction que nécessite l'écart du thermomètre est essentiellement différente de celle qui résulte d'un déplacement du zéro. Nous avons vu plus haut que M. Regnault, constatant pour la première fois une divergence du thermomètre à mercure aux températures ordinaires, remarque qu'elle tombe dans les limites d'incertitude qui dépendent du déplacement du zéro. Or une erreur de cette nature, qui fait monter ou descendre toutes les divisions de l'échelle d'une quantité égale, est sans influence aucune sur l'évaluation de la quantité de chaleur cédée au calorimètre. Il en est tout autrement de l'irrégularité de marche qui est propre à tous les thermomètres à mercure. Même en déterminant avec toute l'exactitude possible sur le thermomètre du calorimètre deux points fixes par comparaison directe avec le thermomètre à air, on ne parvient pas à rendre égaux les intervalles de température indiqués par des portions égales de l'échelle. Or

c'est bien comme instrument de mesure qu'on emploie le thermomètre dans les expériences calorimétriques. On admet généralement que les divisions de l'échelle ont la même valeur. Cependant, si l'on veut tirer parti de la sensibilité extrême des thermomètres qui, comme ceux de M. Regnault, permettent de lire $\frac{1}{200}$ du degré, on ne peut plus admettre cette supposition, même dans des limites très restreintes, à moins de s'être assuré d'avance que la loi de la dilatation apparente du mercure n'expose plus à des erreurs de cette grandeur. A cet effet, il conviendrait de déterminer sur l'échelle du thermomètre trois points fixes pris sur le thermomètre à air, ou bien, si cela ne peut se faire avec une exactitude suffisante, il faudrait conclure d'après la nature du verre à la marche probable de l'instrument. Pour employer ce dernier moyen il est nécessaire de connaître la marche de thermomètres faits avec des verres différents. M. Regnault, qui, d'après sa dernière communication, possède un grand nombre de courbes représentant la marche de ses instruments, rendrait un service important à la science, s'il voulait publier les expériences qui lui ont servi dans ces constructions graphiques, lors même que quelques-unes d'entre elles ne se rapporteraient qu'aux températures élevées. Comme je l'ai montré par un exemple, on peut très-bien calculer la marche du thermomètre entre 0° et 100° au moyen des expériences faites aux températures élevées.

M. Regnault vient de donner sur ses thermomètres quelques renseignements inconnus jusqu'ici. Il en résulte que le verre des tubes, pour les instruments dont il se sert depuis vingt ans, est un verre ordinaire renfermant un peu de plomb, de sorte que sa marche dans les thermomètres à mercure est intermédiaire entre celle du verre ordinaire et celle du cristal. L'écart maximum vers 55 degrés avec le thermomètre à air n'atteindrait jamais *un dixième* de degré (p. 881). M. Regnault assure de plus qu'il a constamment vérifié ses thermomètres par comparaison directe avec le thermomètre à air.

Ces renseignements sont-ils de nature à faire cesser tout doute à l'égard de l'exactitude des valeurs numériques obtenues pour les chaleurs spécifiques et latentes?

Remarquons d'abord qu'il y a des exceptions à la règle que les nouveaux thermomètres n'offrent jamais entre 0° et 100° des écarts qui dépassent le dixième du degré. D'après ce qui est dit à la page 884 des *Comptes Rendus*, les thermomètres étalons présentent quelquefois entre 0° et 100° avec le thermomètre à air des différences de *deux dixièmes* de degré. Or, nous avons vu plus haut que M. Regnault, dans les Tomes XXI et XXVI des *Mémoires de l'Académie*, a toujours estimé que des différences de deux dixièmes d'un degré constituaient des quantités difficiles à déterminer, auxquelles on n'avait pas besoin d'avoir égard. D'autre part, je viens de démontrer dans ma Lettre qu'une différence d'un dixième peut déjà causer dans l'évaluation des chaleurs spécifiques et latentes des erreurs sensibles. En présence de ces faits, il me semble permis de demander, jusqu'à quel degré d'exactitude M. Regnault, en vérifiant les thermomètres à mercure, a pu pousser la détermination des corrections requises. La question me paraît d'autant plus importante que, M. Regnault n'indiquant pas dans quel sens tombent les écarts de ses nouveaux thermomètres, il reste incertain si les corrections seraient négatives ou positives.

D'après les renseignements que M. Regnault vient de donner, l'emploi du verre d'une espèce intermédiaire entre le cristal et le verre ordinaire date de vingt ans. Les observations que M. Regnault déduit de ce fait ne peuvent donc s'appliquer aux expériences consignées dans le Tome XXI des *Mémoires de l'Académie*, qui sont antérieures à cette époque. C'est à ces expériences, nommément à celles sur la chaleur latente de la vapeur d'eau et sur la chaleur spécifique de l'eau à différentes températures, que se rapportent plus spécialement les remarques que j'ai présentées dans ma Lettre. J'ai cru devoir admettre qu'à l'époque où furent faites les expériences que je viens de citer, M. Regnault se servait exclusivement des thermomètres en cristal. A la page 529 du Tome XXI il est dit que *tous ces instruments* étaient en cristal. Il serait regrettable qu'il dût rester quelque doute à cet égard. On sait que M. Regnault, pour exprimer la quantité de chaleur abandonnée par un kilogramme de vapeur de la température

t, lorsqu'elle se convertit en eau à 0°, a proposé la formule

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\, t.$$

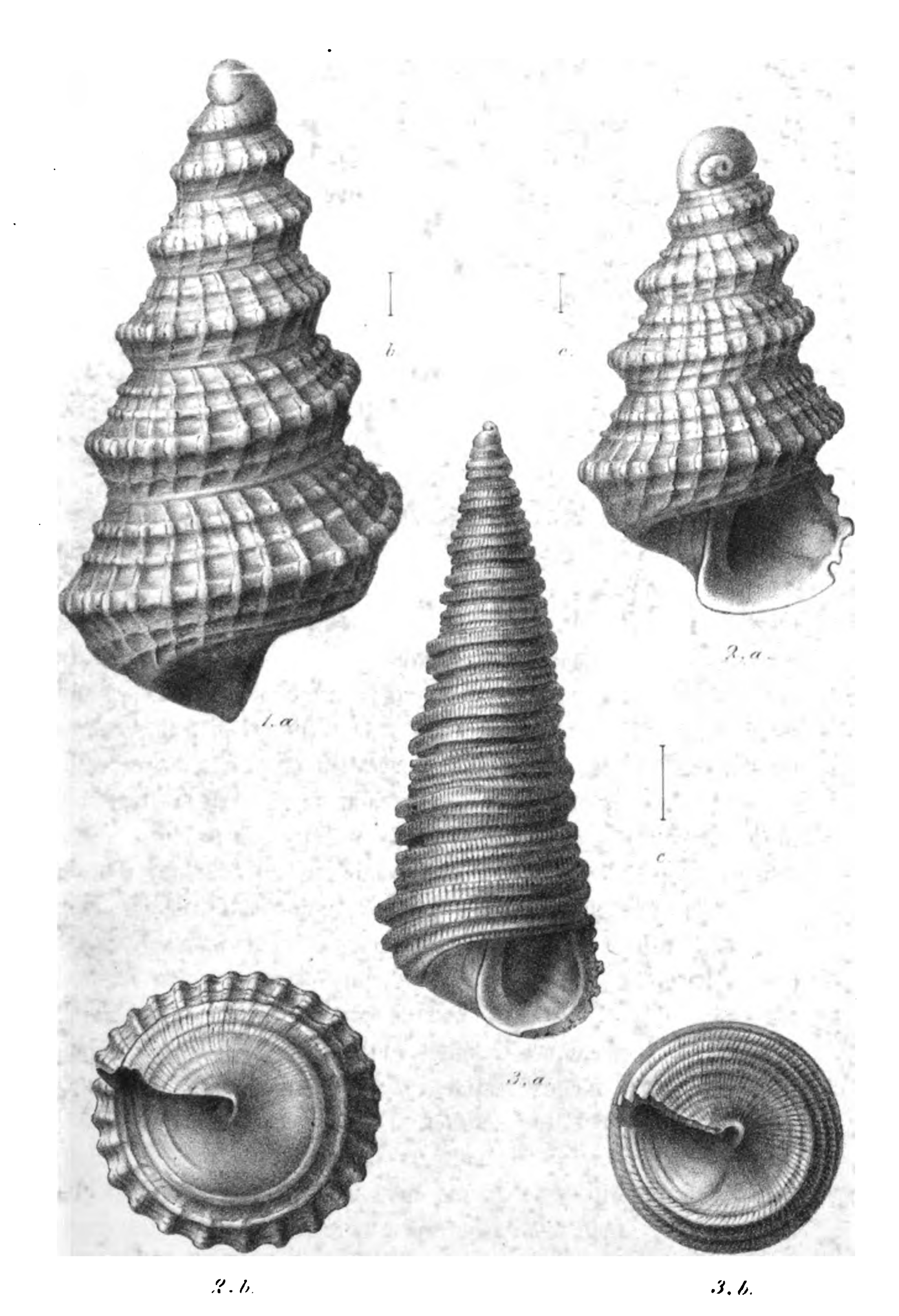
Les mêmes expériences qui ont servi à calculer ces formules me donnent

$$\lambda = 609{,}58 + 0{,}310\, t,$$

dans la supposition que le thermomètre du calorimètre était en cristal. S'il fallait admettre que le thermomètre avait une enveloppe de verre ordinaire, la formule serait

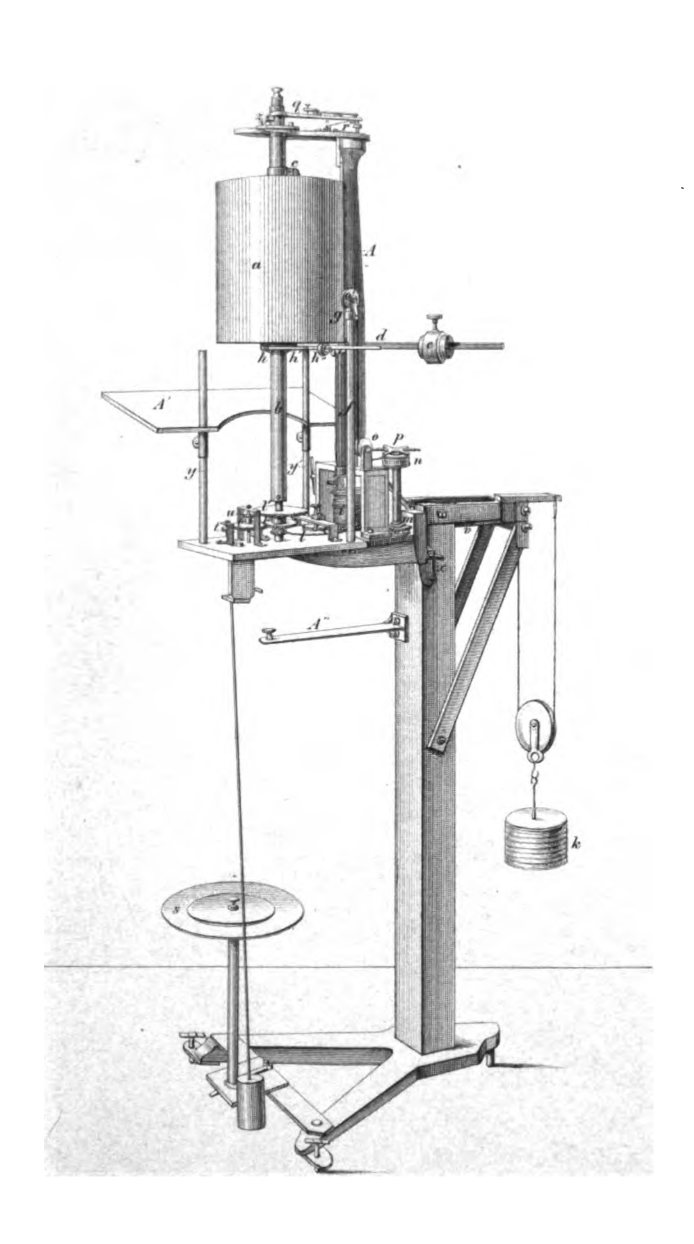
$$\lambda = 602{,}42 + 0{,}310\, t.$$

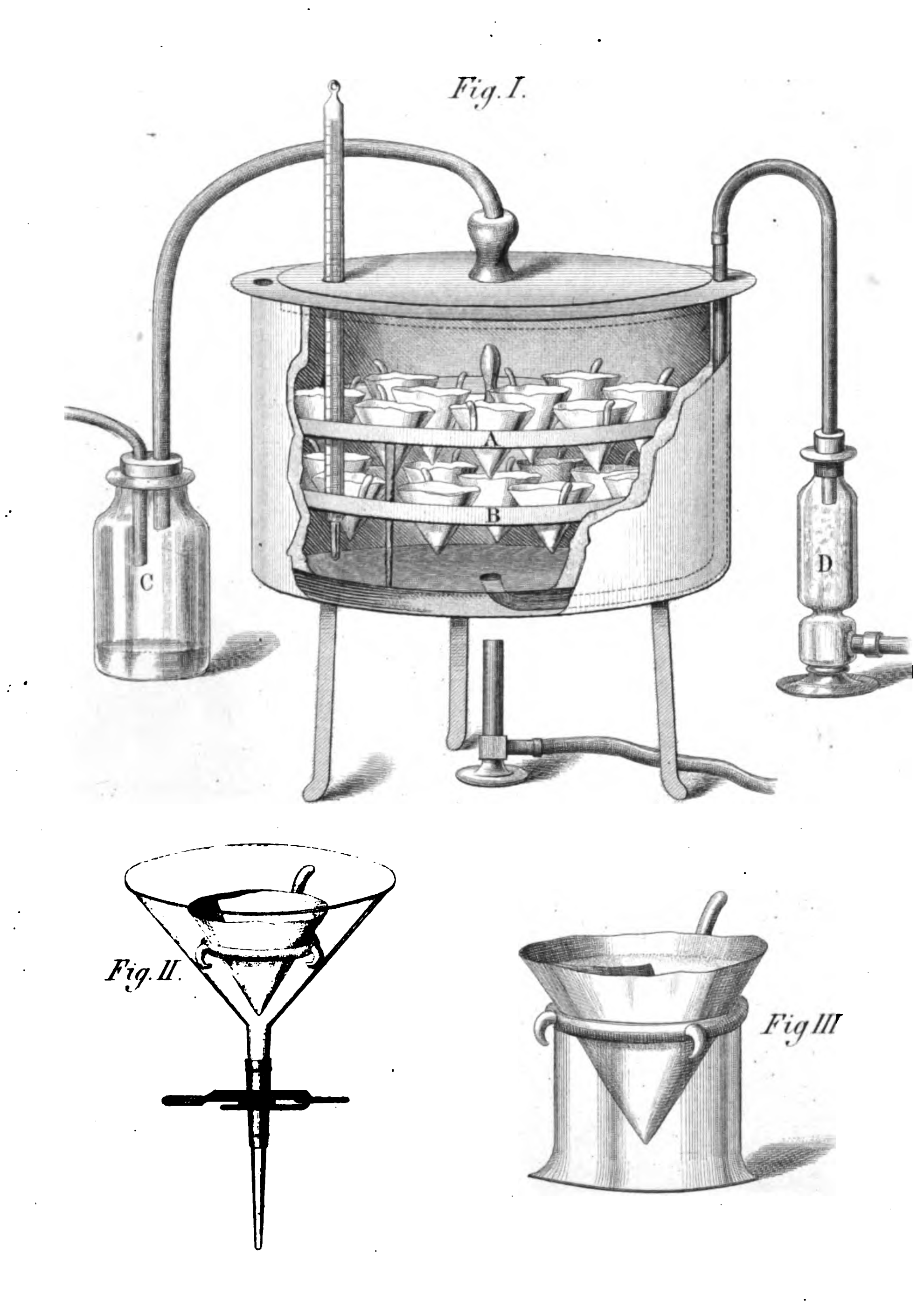
Les thermomètres employés dans les expériences sur la chaleur spécifique publiées en 1840, dans les *Annales de chimie et de physique*, série II, Tome LXXIII, étaient-ils également en cristal? Il serait très désirable que M. Regnault donnât quelques indications sur ce point important. Car il me semble tout-à-fait inadmissible que dans ces expériences M. Regnault ait tenu compte des différences du thermomètre à mercure avec le thermomètre à air. Ce ne fut que deux ans plus tard que M. Regnault publia ses premières recherches sur ce sujet, et même alors il identifia, comme nous avons vu, les erreurs qui pourraient en résulter avec celles qui seraient causées par un déplacement du zéro. Ni M. Regnault, ni aucun autre physicien n'a jusqu'ici énoncé des doutes sur la proportionnalité des intervalles de température et la longueur des parties de l'échelle parcourues par la colonne de mercure d'un thermomètre bien calibré; jamais, que je sache, on n'a remarqué que la nature différente du verre employé dans les thermomètres pût causer des différences constantes dans les valeurs numériques des chaleurs spécifiques latentes obtenues par divers physiciens. Il me paraît difficile d'admettre qu'on ait connu cette cause d'erreur sans en faire mention. J'ai cru utile de la signaler, tant pour prévenir qu'on n'attribue à quelques données numériques de la théorie de la chaleur une plus grande exactitude qu'elles ne présentent réellement, que pour prémunir contre des causes d'incertitude dans des expériences futures, qui, par le perfectionnement de nos moyens de recherche, pourraient pousser plus loin la précision des mesures.



2.b. 3.b.

J. Bosquet, ad natur delin.


q
r
c
a
A
g
d
e
h
h'
h''
A'
b
f
o
p
n
y
y'
u
t
l
m
v
x
A''
k
s


Fig. I.
A
B
C
D
Fig. II.
Fig III

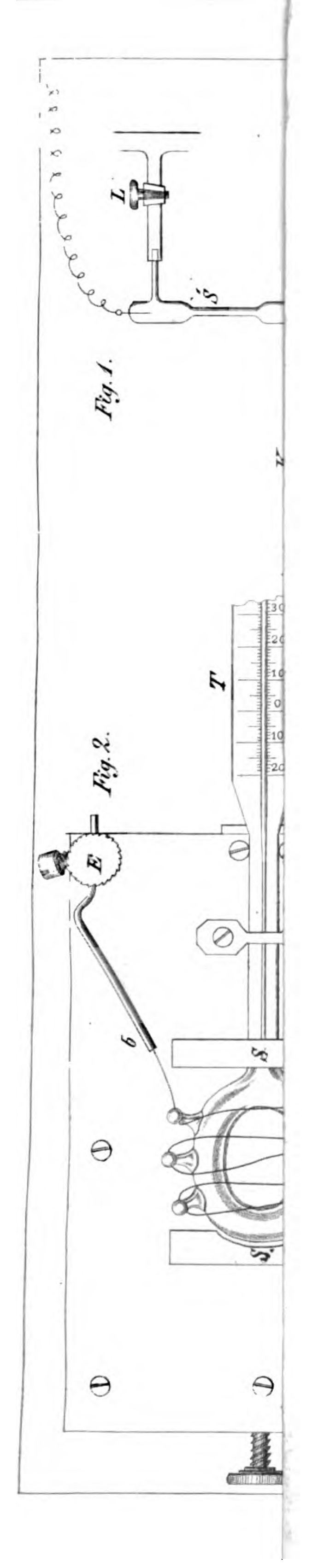
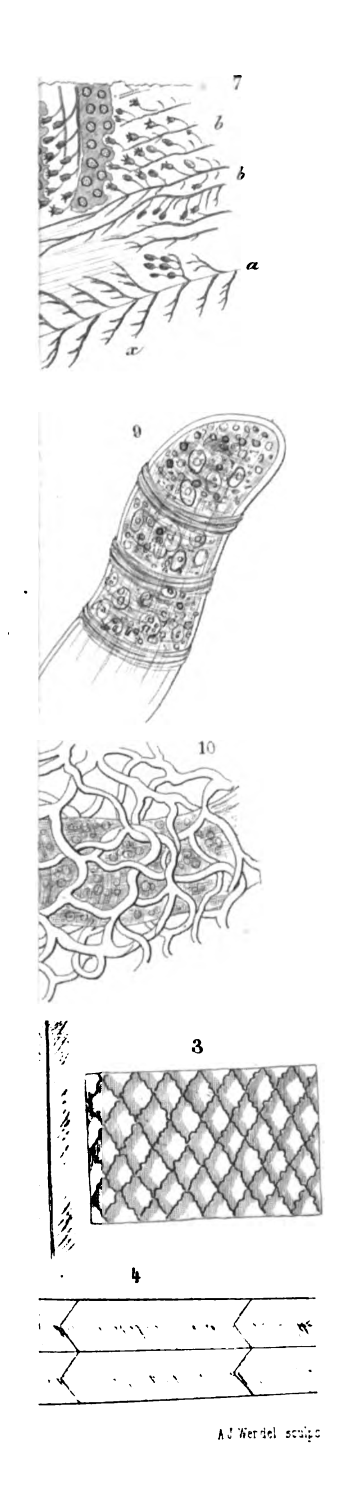
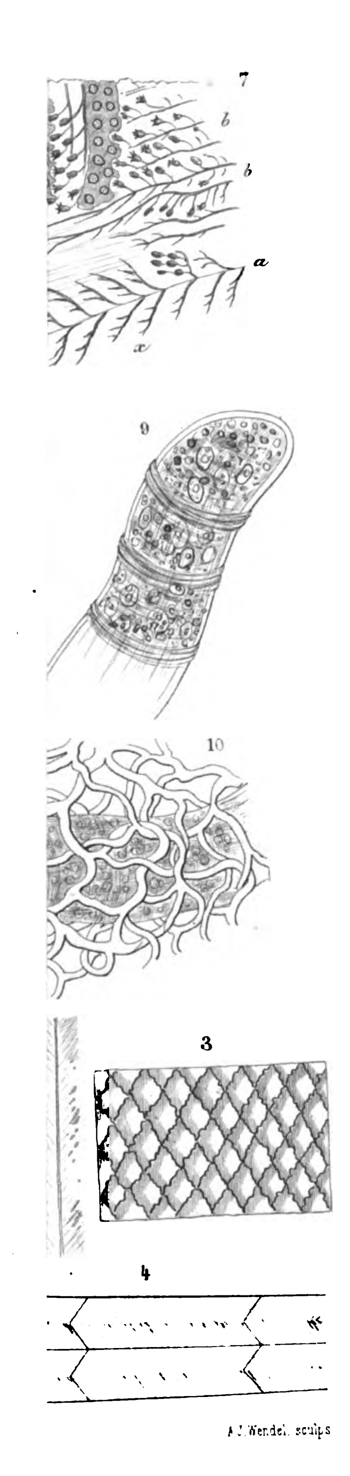


Fig. 1.
L
Ś
Fig. 2.
T
E
b
S.

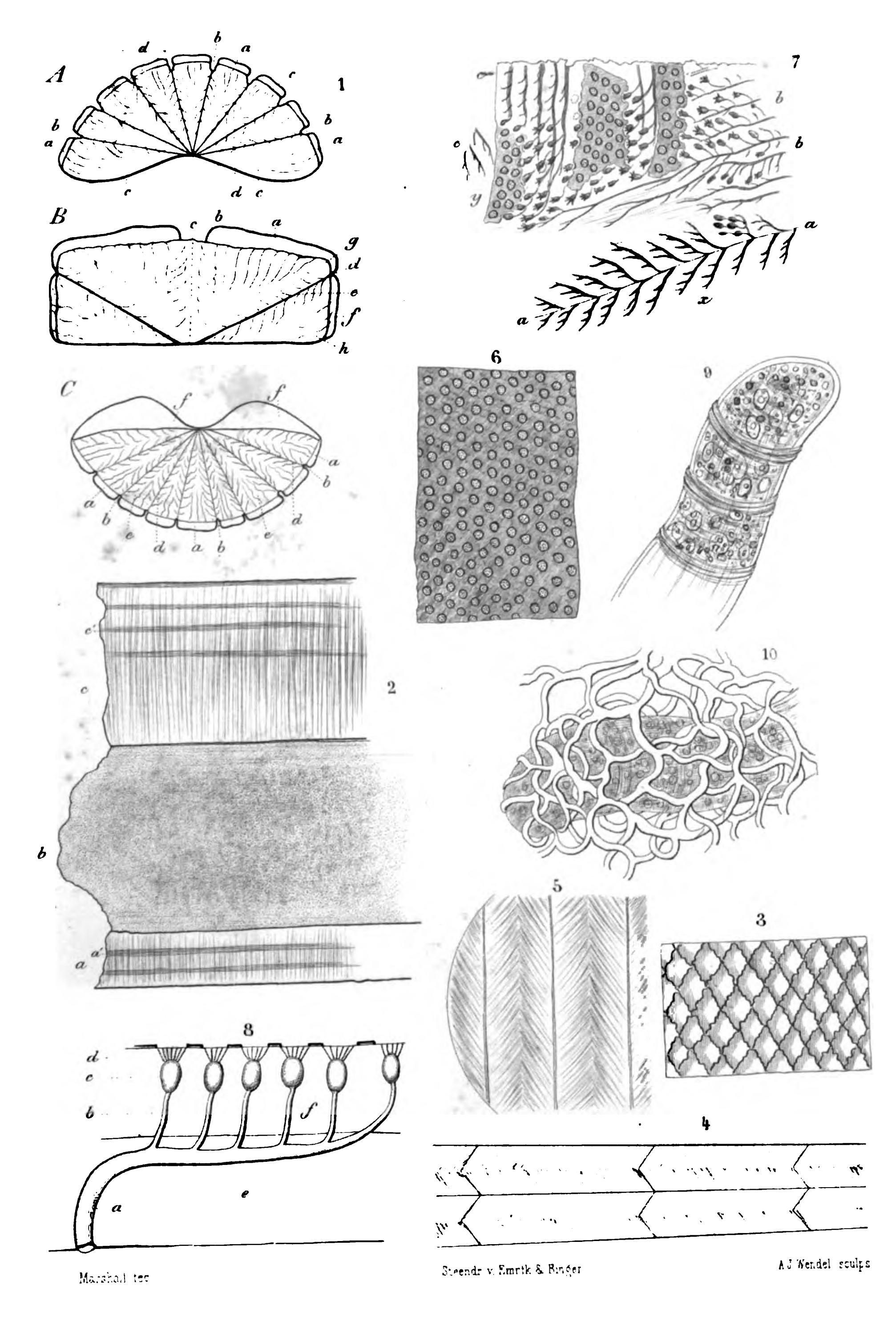


Pl. V.
7
b
b
a
x
9
10
3
4
A J Wendel sculps

Pl. V.







Marshall fec

Steendr v. Emrik & Binger

A J Wendel sculps

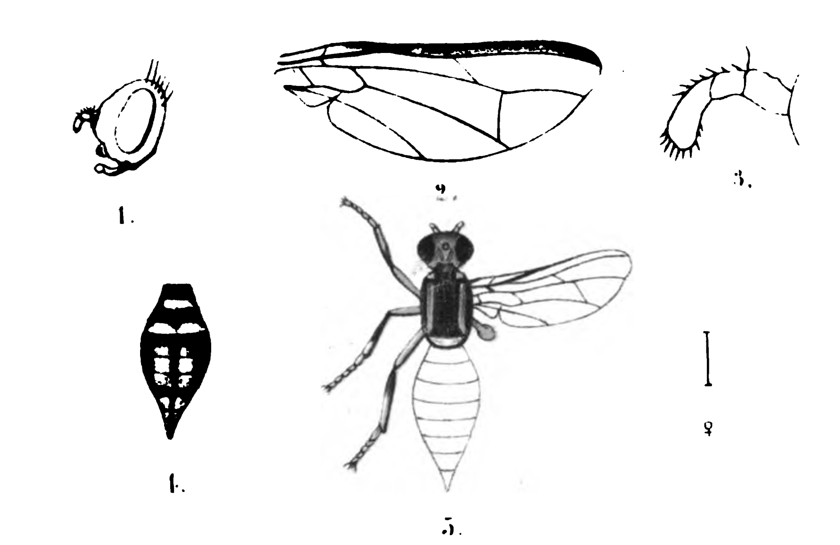


Fig 1 à 5 Dacus Ritsemae Weyenb.

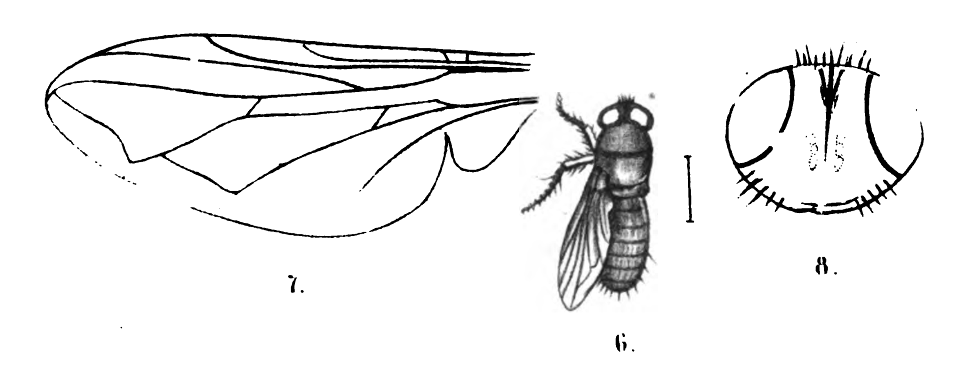


Fig 6 à 8 Lucilia Leonardi Weyenb.

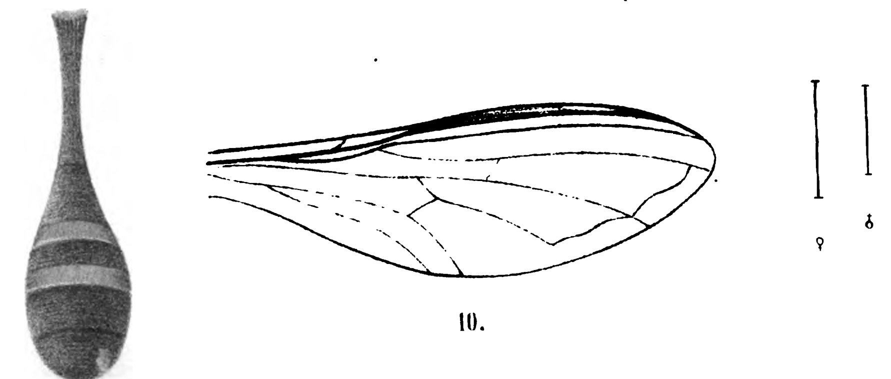


Fig 9 et 10 Bacha pedicellata Dol. J.

C. R. del. Lith. Emrik &

Fig. 1

B → B¹
C C¹

D D¹ D²
O

Fig. 2

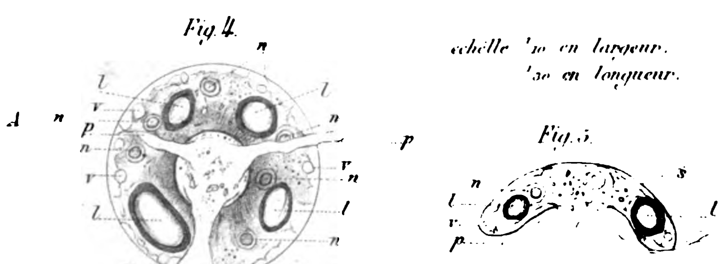
O
D D¹ D²

C C¹
B → B¹

Fig. 3.

F
Q
S
R R
X X
B
R
E
P
S
L

échelle 1/10 en largeur.
1/30 en longueur.




U. HOLZER, BINDER, BOSTON, MASS.

